

VŠB-Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Návrh korečku naběrače

Design of Reclaimer Bucket

Student:

Lukáš Pacas

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Ostrava 2018

Zadání bakalářské práce

Student: **Lukáš Pacas**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2302R010 Konstrukce strojů a zařízení**
Specializace: **70 Zemní, těžební a stavební stroje**
Téma: **Návrh korečku naběrače
Design of Reclaimer Bucket**
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

V rámci bakalářské práce vypracujte rešerši dané problematiky. Zpracujte analýzu problému a navrhnete koreček naběrače KN 350 o výkonnosti 1200t/h a to v návaznosti na jeho jednotlivé provozní a konstrukční parametry. Dále proveďte potřebné pevnostní a případně také kinematické a další výpočty a rozvahy. Konstrukční řešení podložte technickou dokumentací. Konkrétní technické a provozní parametry určí zadavatel – fa Vítkovice GearWorks a.s.

Seznam doporučené odborné literatury:


POLÁK, Jaromír a Aleš SLÍVA. *Dopravní a manipulační zařízení III.* 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2005. ISBN 80-248-0963-X.
JEŘÁBEK, K. *Metodika navrhování strojů.* 1. vydání, Praha: Ediční středisko ČVUT v Praze, 1999. 119 s.
KALÁB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře - části spojovací.* Ostrava: Ediční středisko VŠB-TUO, Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1290-8
ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory.* Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura.* Praha: ČNI, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018


doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry





doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně všech příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 21. května 2018


.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на вѣдомі, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. května 2018



.....
podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Lukáš Pacas

Adresa trvalého pobytu autora práce: Rošického 1008, Karviná, 734 01

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

PACAS, L. *Návrh korečku naběrače: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2018, s. 60
Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem korečku s vyměnitelnými zuby portálového korečkového naběrače KN 350 s ohledem na výkonnost stroje a provozní podmínky. V úvodu uvádím řešerši dané problematiky. V další části analyzuji problém a uvádím základní provozně technologické výpočty. Dále se zabývám návrhem korečku a podle zadání jsem provedl pevnostní výpočet spoje korečku s nosným článkem řetězu. Poté jsem volil materiál korečku a způsob ochrany proti abrazivnímu opotřebení. Na závěr jsem zhodnotil vhodnost a použitelnost navrženého korečku v praxi.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

PACAS, L. *Design of Reclaimer Bucket: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2018, s. 60 Thesis head: doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

This bachelor thesis deals with the design of the bucket with interchangeable teeth of the portal bucket reclaimer KN 350 with respect to machine performance and operating conditions. In the introduction, I am referring to the issue. In the next part I analyze the problem and present basic operational technological calculations. Next, I deal with bucket design and according to the assignment I made the strength calculation of the coupling of the bucket with the chain link. Then I chose a bucket material and a method of protection against abrasive wear. Finally, I assessed the suitability and usability proposed bucket in practice.

Obsah

Seznam použitého označení.....	7
Úvod	9
1 Rešerše.....	10
1.1 Skládování sypkých materiálů	10
1.2 Zakládání skládek.....	10
1.3 Podélné skládky	13
1.4 Kruhové skládky	15
1.5 Skládkové stroje.....	16
1.6 Portálový korečkový naběrač	16
1.6.1 Nabírací ústrojí korečkového naběrače	17
1.7 Rozpojování materiálu	21
1.8 Vítkovice GEARWORKS.....	23
2 Analýza problému	25
2.1 Základní rozměry stroje	25
2.2 Provozně technologické parametry stroje	26
2.2.1 Tříska a její rozměry	29
2.2.2 Silové poměry na korečku.....	32
3 Návrh korečku.....	35
3.1 Uchycení korečku k řetězu.....	37
3.2 Výpočet šroubů k uchycení na korečkový řetěz.....	39
3.3 Zuby korečku	46
3.4 Materiál korečku a jeho opotřebení.....	50
3.5 Konečný návrh korečku	53
4 Závěr	56
5 Zdroje.....	59
6 Přílohy	60

Seznam použitého označení

Q	výkon odebírání	[t·h ⁻¹]
ρ	sypná hmotnost	[t·m ⁻³]
V _k	objem korečku	[m ³]
v _k	rychlost korečkového řetězu	[m·s ⁻¹]
v	rychlost pojezdu stroje	[m·s ⁻¹]
η	součinitel nakypření	[-]
η _p	součinitel plnění korečku	[-]
L	délka svahu	[m]
α	sklon svahu	[°]
i _k	článkování řetězu	[-]
T _č	rozteč řetězu	[mm]
t _{teor}	potřebný počet výsypů	[min ⁻¹]
Q _m	teoretický výkon stroje	[m ³ ·h ⁻¹]
T	rozteč korečků	[mm]
V _{min}	minimální potřebný objem korečku	[m ³]
β	řezný úhel	[°]
b	šířka třísky	[mm]
h	hloubka třísky	[mm]
G _k	tíha korečku	[N]
G _h	tíha horniny v korečku	[N]
Fr	řezný odpor	[N]
N	třecí odpor	[N]
t	těžiště korečku	[-]
F _c	celkový odpor korečku	[N]
F _{tmin}	minimální tažná síla	[kN]
F _{tt}	trvalá tažná síla	[kN]
F _{tmax}	maximální tažná síla	[kN]
L	vzdálenost hrotu zubu od šroubů	[mm]
l ₁	vzdálenost prvního šroubu od kraje uchycení	[mm]
l ₂	vzdálenost druhého šroubu od kraje uchycení	[mm]
F	zatěžující síla	[N]
F ₁	síla v prvním šroubu	[kN]
F ₂	síla v druhém šroubu	[kN]

Δl_1	prodloužení prvního šroubu	[mm]
Δl_2	prodloužení druhého šroubu	[mm]
c_s	tuhost šroubů	[N·mm ⁻¹]
R_e	mez kluzu	[MPa]
f_z	součinitel smykového tření na závitu	[-]
k_s	statická bezpečnost	[-]
σ	zatěžující napětí	[MPa]
σ_c	mez únavy	[MPa]
M	počet cyklů	[-]
M_s	statická mez	[-]
A	oblast statické pevnosti	[-]
B	oblast časované pevnosti	[-]
C	oblast trvalé pevnosti	[-]
d_3'	předběžný průměr šroubu	[mm]
σ_t	tahové napětí	[MPa]
σ_d	dovolené napětí	[MPa]
d	jmenovitá velikost závitu	[mm]
d_2	střední průměr závitu	[mm]
d_3	malý průměr závitu	[mm]
P	rozteč závitu	[mm]
P_h	stoupání závitu	[mm]
α	úhel profilu	[°]
H	výška základního trojúhelníku ISO profilu závitu	[mm]
h_3	výška závitu	[mm]
R_z	zaoblení dna závitu	[mm]
R_m	pevnost v tahu	[MPa]
Ψ	úhel stoupání závitu	[°]
φ'	třecí úhel na závitu	[°]
S	průřez závitu	[mm ²]
M_k	kroutící moment na závitu	[N·mm]
W_k	modul průřezu závitu	[mm ³]
F_z	statická síla působící obvodově na závit	[N]
τ_k	napětí v krutu	[MPa]
σ_{red}	redukované napětí	[MPa]

Úvod

Cílem této bakalářské práce je navrhnout koreček s vyměnitelnými zuby pro homogenizační portálový korečkový naběrač ve spolupráci s firmou Vítkovice GEARWORKS.

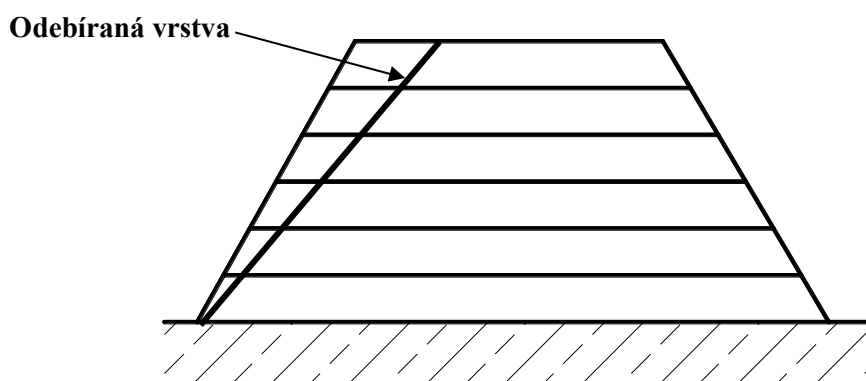
Na začátku práce jsem se zaměřil na problematiku skladování sypkých materiálů. Dále jsem stručně uvedl popis skládkových strojů a podrobněji popsal konstrukční celky nabíracího ústrojí korečkového naběrače. V poslední části rešerše jsem stručně shrnul problematiku rozpojování materiálu a uvedl základní informace o zadavateli – firmě Vítkovice GEARWORKS.

V další části práce jsem se zabýval samotným návrhem korečku, včetně volby korečkového řetězu, zubů a materiálu korečku. Tato problematika je značně složitá, protože neexistuje daný postup návrhu korečku a jeho zubů. Vychází se proto pouze z doposud nabytých znalostí z praxe. V závěru zhodnotím navržený koreček a posoudím jeho použitelnost v praxi.

1 Rešerše

1.1 Skládání sypkých materiálů

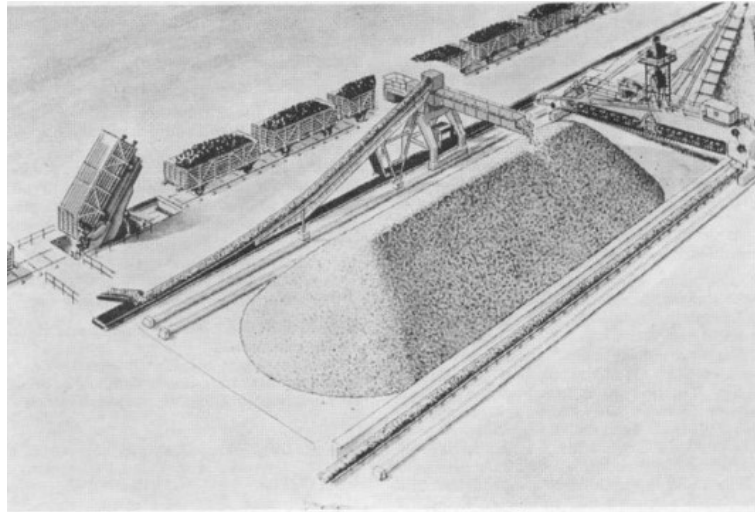
Skládání sypkých hmot slouží, z prvního hlediska, pro vyrovnaní rozdílů mezi dodávkou a spotřebou materiálu v různých závodech nebo pro vytvoření dostatečných zásob materiálu pro případ výpadků v dopravě materiálu, havárie nebo před obdobím zvýšené spotřeby materiálu. Pro závody s nepřetržitým provozem je důležitý trvalý přísun surovin, tudíž předzásobením je někdy nezbytné. Z druhého hlediska slouží k technologickým účelům. Nejčastěji pak k zprůměrnění fyzikálních vlastností jednoho druhu materiálu nebo více druhů materiálů před vstupem do technologického procesu. K tomuto účelu se využívá homogenizace. K docílení správné homogenizace je zapotřebí zakládat materiál do tenkých vrstev tak, aby při jeho odběru procházel nabírací orgán pracovního stroje co největším počtem těchto vrstev (obr. 1). Tím se zaručí, že bylo nabráno určité množství materiálu z každé vrstvy.



Obr. 1 Princip homogenizace – metoda Quincunx – korečkový naběrač [5]

1.2 Zakládání skládek

Pro zakládání skládek se používají zakladače a podle způsobu transportu vytěženého materiálu se dělí na kolejové (obr. 2) a pásové. Principem kolejových zakladačů je, že se materiál dopravuje vlakovými soupravami složenými z bočně výklopných vozů. Poté je materiál vysypán do koryta a je dopravován na výložníkový pás a výsypku. Dále je pak materiál odváděn, nejčastěji korečkovým řetězem s korečky, na hromadu.



Obr. 2 Kolejový zakladač [2]

Pásové zakladače pracují ve spojení s pásovou dopravou (nejčastěji dálkovou) (obr. 3). Dopravovaný materiál je z pásové dopravy odebírán shazovacím vozem v kterémkoliv místě a předán na spojovací pás zakladače. Materiál pak dále pokračuje na výložníkový pás a výsytku.

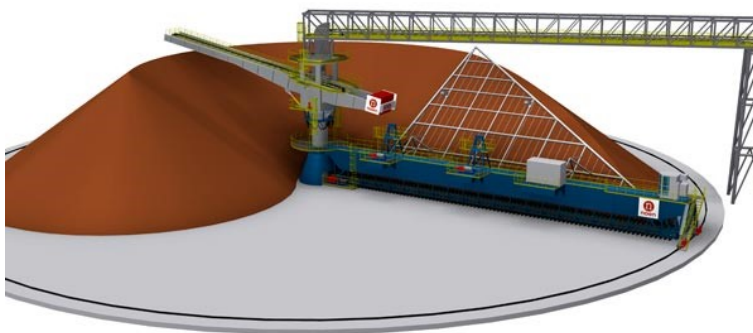


Obr. 3 Pásový zakladač [12]

Způsoby zakládání skládek můžeme rozdělit podle tvaru založení hromady, podle průřezu založení hromady nebo podle způsobu založení hromady. Podle tvaru se jedná o hromady podélné (osa skládky přímá, průřez je trojúhelníkový nebo lichoběžníkový, obr. 4) a kruhové (osa skládky je kružnice, obr. 5). Podle průřezu skládky se dělí na trojúhelníkové a lichoběžníkové.



Obr. 4 Podélná skládka [13]



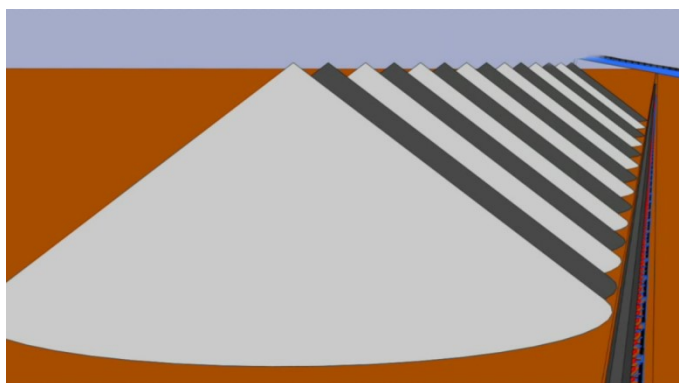
Obr. 5 Kruhová skládka [4]

Dělení podle metody zakládání se dále dělí na metody používané u podélných skládek a na metody používané u kruhových skládek. U podélných skládek se využívá metod Cone-shell, Chevron, Windrow, Strata a Quincunx. U kruhových skládek se nejčastěji využívá metoda Chevron.

1.3 Podélné skládky

- **Metoda Cone-shell**

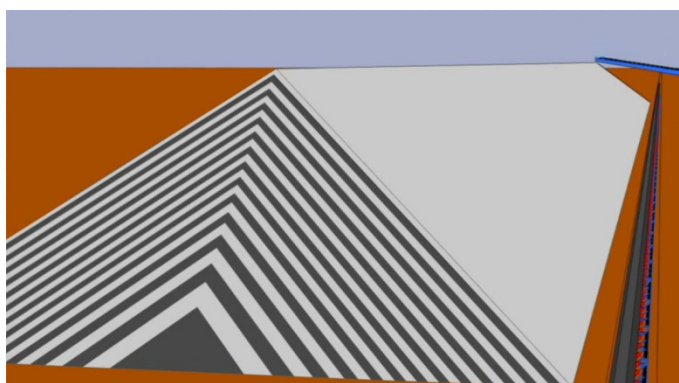
Jako první je založena kuželová hromada pod přirozeným sypným úhlem do plné výšky. K ní jsou pak postupně přisypávány jednotlivé kuželové vrstvy do plné délky hromady (obr. 6). V této metodě se k zakládání používá shazovací vůz nebo pojízdný pásový dopravník. Pádová výška je velká, tudíž dochází k prašnosti a drcení hrubých frakcí materiálu.



Obr. 6 Založení hromady metodou Cone-shell [4]

- **Metoda Chevron – podélné skládky**

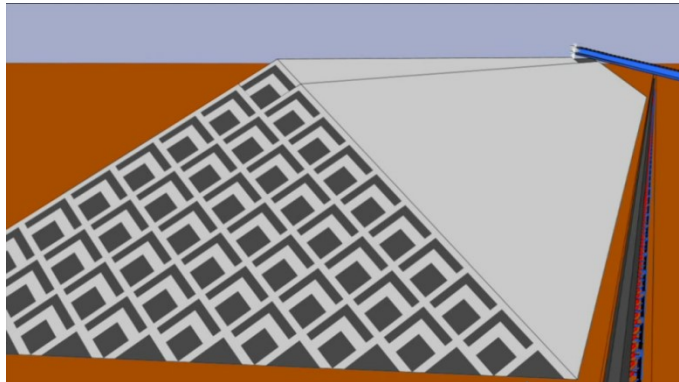
U této metody se vychází ze základní trojúhelníkové vrstvy, ke které se pak dále přisypávají pod přirozeným sypným úhlem oboustranně lichoběžníkové vrstvy, dokud není dosaženo plné výšky hromady (obr. 7). K zakládání se používají také shazovací vozy nebo pásový dopravník jako u předchozí metody. Zakládací zařízení po celou dobu zakládání plynule pojíždí podél hromady. Využívá se sklopného výložníku a tím se pádová výška sníží na minimum a téměř se odstraní drcení hrubých frakcí a prašnost materiálu.



Obr. 7 Metoda Chevron [4]

- **Metoda Windrow**

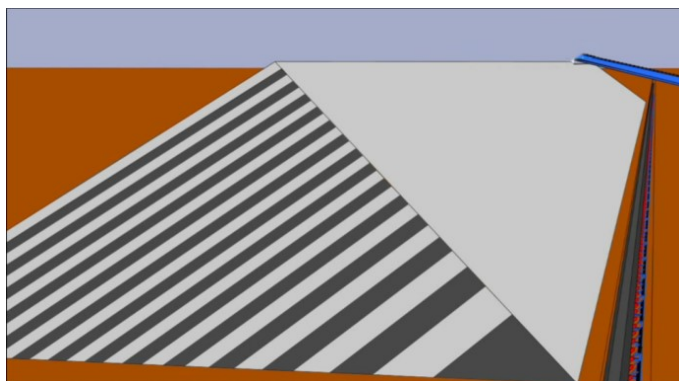
Začíná se založením několika vrstev trojúhelníkového tvaru po celé délce hromady vedle sebe (metodou Chevron). Mezi tyto hromady jsou dále pod přirozeným sypným úhlem přisypávány kosočtverečné vrstvy až do plné výšky hromady (obr. 8). Zakládání probíhá tak, že zakladač se shazovacím vozem pojíždí podél hromady a pomocí výložníku s dopravním pásem (musí být otočný nebo sklopný). Při vhodně zvoleném způsobu odebírání je stupeň homogenizace vysoký.



Obr. 8 Metoda Widrow [4]

- **Metoda Strata**

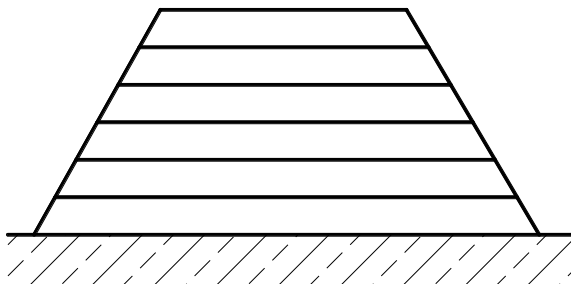
Vychází se ze základní trojúhelníkové vrstvy, jako u metody Widrow. K této základní vrstvě jsou pod přirozeným sypným úhlem jednostranně přisypávány po celé délce hromady lichoběžníkové vrstvy (obr. 9). Zakládání probíhá zakladačem se shazovacím vozem, který musí mít výložník s dopravním pásem otočný a sklopný. Z důvodu největšího počtu uložených vrstev ze všech metod je dosaženo vysoké účinnosti homogenizace.



Obr. 9 Metoda Strata [4]

- **Metoda Quincunx**

Hromada je po celé délce tvořena lichoběžníkovými rovnoběžnými vrstvami zakládány na sebe až do plné výšky hromady (obr. 10). Zakládání se provádí pomocí shazovacího vozu s teleskopickou výsypkou pojíždějící při zakládání plynule nad pásem v konstrukci mostu po celé šířce hromady. Zakladače pro tuto metodu jsou velmi rozměrné, tudíž jsou určeny pouze pro venkovní skládky.



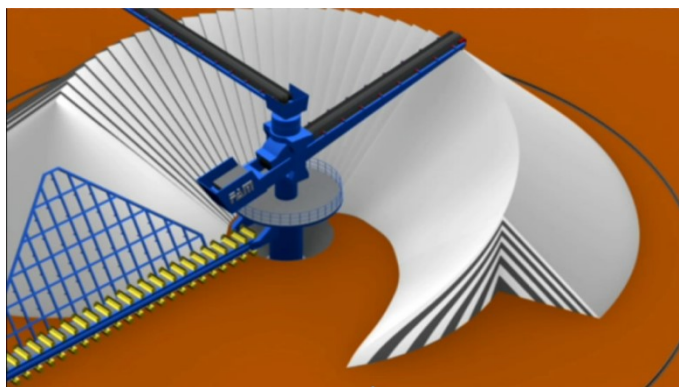
Obr. 10 Metoda Quincunx [1]

1.4 Kruhové skládky

Tento typ skládek je zakládán metodami Cone-shell nebo Chevron, a to s pomocí zakladačů, jejichž výložník s dopravním pásem je otočný o 360° a sklopný. Zakládání je prováděno za stálého otáčení tohoto výložníku. Kruhové skládky mohou být venkovní i kryté.

- **Metoda Chevron – kruhové skládky**

Zakládání touto metodou je realizováno za stálého otáčení výložníku kolem centrálního sloupu o určitý úhel a během otáčení se rameno výložníku střídavě spouští a zvedá, aby kopírovalo poslední založenou vrstvu přibližně 0,5 m od jejího povrchu (obr. 11). Výložník s dopravním pásem musí být otočný o 360° a sklopný v rozsahu výšky hromady. Výložník se střídavě otáčí vlevo a vpravo o určitý úhel tak, že obě ramena tohoto úhlu se při každém dalším pootočení posouvají ve stále stejném směru o určitou konstantní hodnotu. Stupeň účinnosti homogenizace je velký, protože se najednou odebírá vyšší počet vrstev. Pádová výška je malá, čímž se odstraní příčina drcení hrubých frakcí materiálu a prašnosti.



Obr. 11 Metoda Chevron [4]

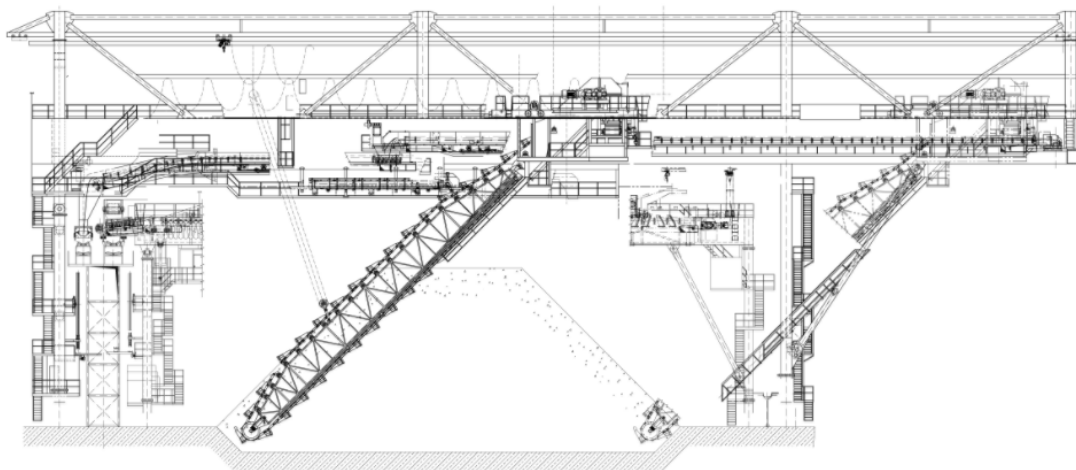
1.5 Skládkové stroje

Skládkové stroje se dělí na naběrače, shrnovače a zakladače. Nakladače a shrnovače materiál ze skládky odebírají, zatímco zakladače skládku tvoří. Zakladače nemají žádný nabírací orgán a jejich funkčním zařízením je pouze násypka a jeden nebo více pásových dopravníků. Nakladače již mají nabírací orgán, jímž nabírají materiál ze skládky. Těmito orgány bývají korečky upevněné na korečkovém řetězu nebo na kolese. Podobné korečkovým nakladačům jsou shrnovače, ty ale mají místo koreček hřebla, kterými materiál nenabírají, pouze ho shrnují na pásový dopravník. Při dobývání shrnovači a naběrači bývají kladeny požadavky na vysoký stupeň homogenizace, odtěžení dostatečného množství materiálu v krátkém čase a nepřetržitý a málo kolísavý výstupní tok materiálu. Tyto stroje se pak dále dělí na naběrače a shrnovače s čelním odběrem a naběrače a shrnovače s bočním odběrem.

1.6 Portálový korečkový naběrač

Jedná se o skládkový stroj, který odebírá materiál z hromady korečky a předává ho na dopravní pás, který je umístěn v mostu naběrače a dále je poté předáván na odsunový skládkový pás umístěný podél hromady. Portál (most) plynule pojíždí po kolejkách, které jsou umístěny podél obou stran hromady. Tento skládkový stroj je určen pro venkovní skládky a může spolupracovat s portálovým zakladačem, který pojíždí po sekundárních kolejnicích. Je-li potřeba, aby zakladač pracoval, naběrač zvedne rameno do maximální výšky a zakladač pod ním plynule projíždí a zakládá hromadu. Většinou se jedná o zakládání hromad metodou Windrow. Naběrač ve spolupráci s portálovým zakladačem dosahuje výborných výsledků homogenizace. Momentálně se těmito stroji v České republice zabývají firmy Prodeco, NOEN nebo Dalselv design (obr. 12). Ve světě je

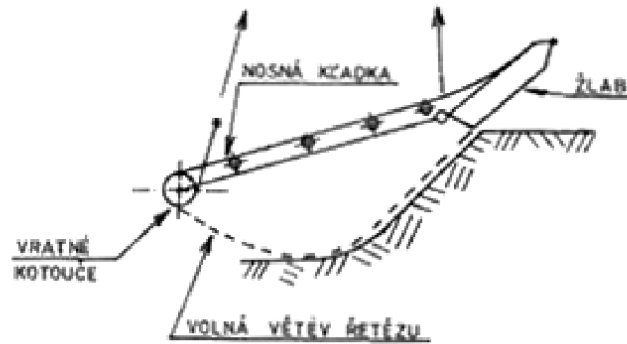
mnoho firem zabývajících se touto problematikou, ale firma FAM patří mezi absolutní špičku, jelikož dodává všechny typy skládkových a jiných strojů do celého světa s náležitou kvalitou.



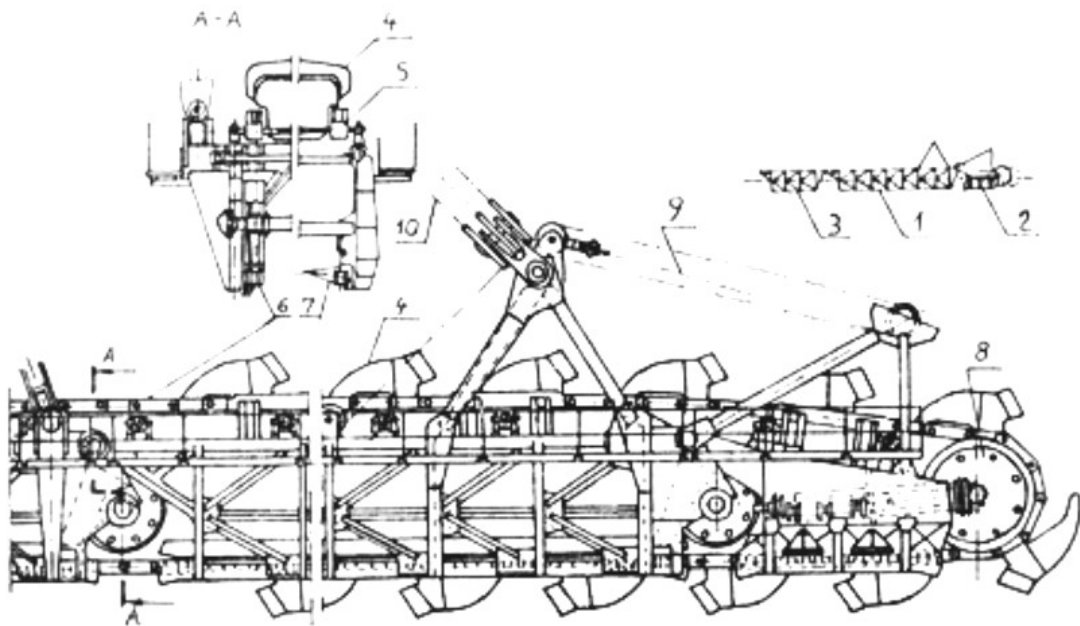
Obr. 12 Portálový korečkový naběrač od firmy Dalselv design s.r.o. [11]

1.6.1 Nabírací ústrojí korečkového naběrače

Jedná se o konstrukční uzel, jehož součástí je korečkový vodič s řetězem, korečky, korečkovým žlabem a pohonem korečkového řetězu. Korečkový vodič korečkových naběračů se dělí podle toho, zda je řetěz vedený, nebo nevedený. U nevedených řetězů (je volný, obr. 13 – např. u vlečného korečku) se jedná o tzv. nedělený korečkový vodič, jenž se používá u starších konstrukčních provedení nebo se používá u malých dobývacích strojů, používaných na hliništích a pískovnách. Ve všech ostatních případech se setkáme pouze s vedeným korečkovým řetězem. Tento řetěz je tzv. dělený korečkový vodič. Příklad tohoto provedení je na obr. 14 – část děleného korečkového vodiče korečkového rýpadla RK 5000 (obdoba korečkového naběrače). Podle sestavení rozlišujeme čtyř nebo šestinásobné sestavení řetězu. To znamená, že na každý čtvrtý nebo šestý článek je připevněn koreček. Většinou se používají čtyřnásobné článkování z důvodu většího počtu zabírajících korečků na stejnou délku než u šestinásobného článkování.



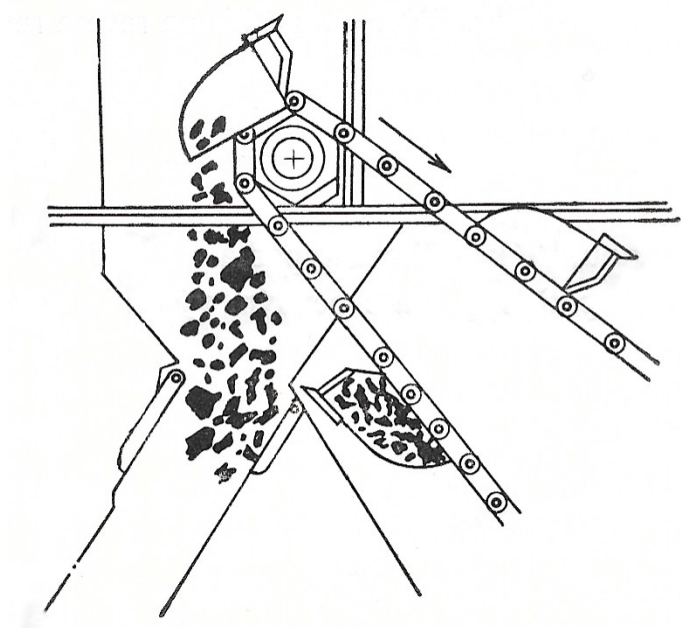
Obr. 13 Korečkový vodič s nevedeným řetězem [2]



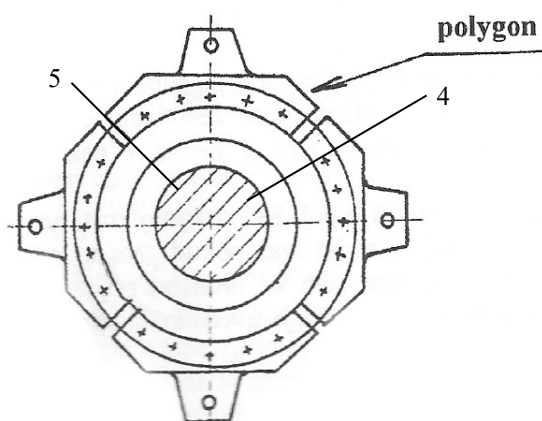
Obr. 14 Korečkový vodič s vedeným řetězem [2]

1) díly děleného korečkového vodiče, 2) zarovnávač, 3) žlab, 4) koreček, 5) nosné kladky, 6) korečkový řetěz, 7) vedení korečkového řetězu, 8) vratný turas, 9) kladkostroj zdvihu zarovnávače, 10) kladkostroj zdvihu korečkového vodiče

Korečkový žlab napomáhá správnému vyprazdňování korečků a zabraňuje ztrátám při vyprazdňování (obr. 15). Pohon korečkového řetězu je prováděn hnacím turasem, který je poháněn motorem v různých konstrukčních provedeních. Většinou se však jedná o elektromotor symetricky oboustranný, u strojů s požadavkem vyšší výkonnosti, nebo se používá jednostranné provedení pro menší výkony. Hnací turas je buď osmiboký, nebo šestiboký (obr. 16). Obě tyto řešení zahrnují vyměnitelné zuby turasu. Samotné schéma pohonu je zobrazeno na obr. 17.

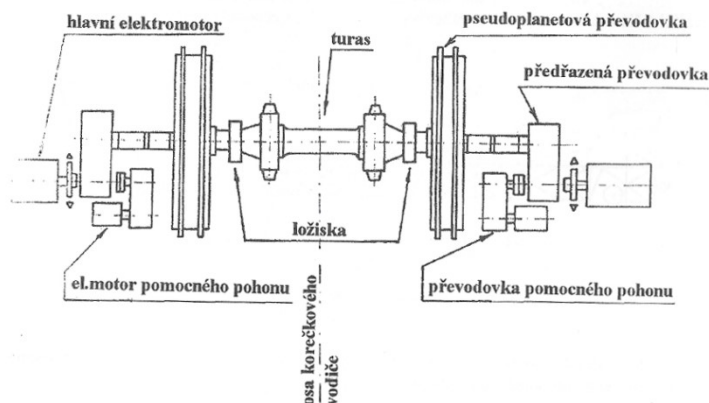


Obr. 15 Hnací turas s korečkovým žlabem [6]



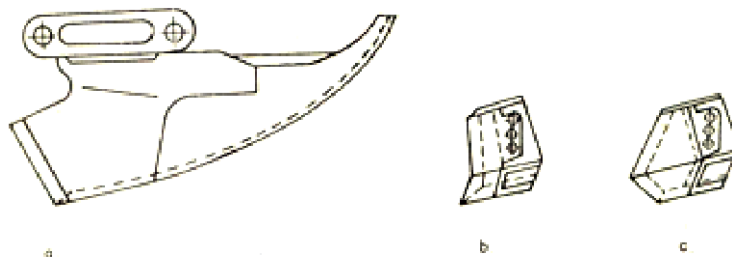
Obr. 16 Osmiboký hnací turas [10]

1) zub šestibokého polynomu, 2) krycí plech, 3) těleso turasu, 4) šroub, 5) náboj, 6) řetěz



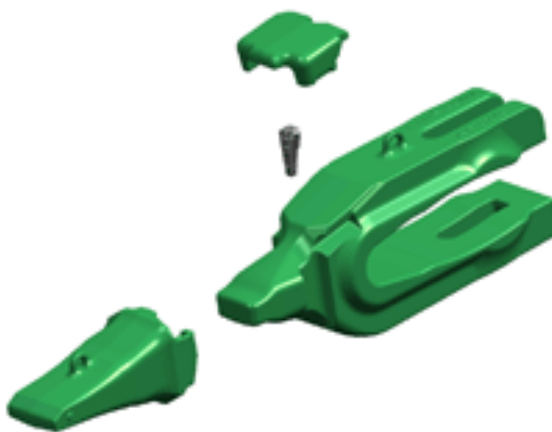
Obr. 17 Pohon turasu korečkového řetězu korečkového rýpadla RK 5000 [10]

Samotným dobývacím orgánem je koreček. Koreček ve standardním provedení je uveden na obr. 18. Samotný tvar korečku se rozlišuje podle toho, jaký materiál se odebírá. Rozlišuje se standardní tvar břitu, rohový tvar břitu nebo hrotový tvar břitu. Samotný koreček ale někdy na rozpojení a správné nabrání materiálu nestačí. Proto se používají zuby, které pomáhají k správné rozpojitelnosti materiálu. Zuby jsou buď navařeny na koreček, jako nerozebíratelný spoj, nebo jsou uchyceny šrouby, nýty, kolíky atd. tak, aby se daly co nejjednodušeji vyměnit. Toto je zřejmě nejdůležitější z hlediska ekonomiky, jelikož břity zubů se opotřebovávají, a to vede k častým výměnám zubů, nebo špiček zubů. Tímto problémem se zabývá mnoho firem. Mezi nejvýznamnější firmy v tomto odvětví patří firma ESCO. Jako příklad uvádím zub ESCO SV2 (obr. 19), který je přizpůsoben na rychlou výměnu bez použití kladiva za pomoci speciálního klíče a nýtu.



Obr. 18 Provedení korečku bez zubů [2]

a) standardní tvar břitu, b) rohový tvar břitu, c) hrotový tvar břitu



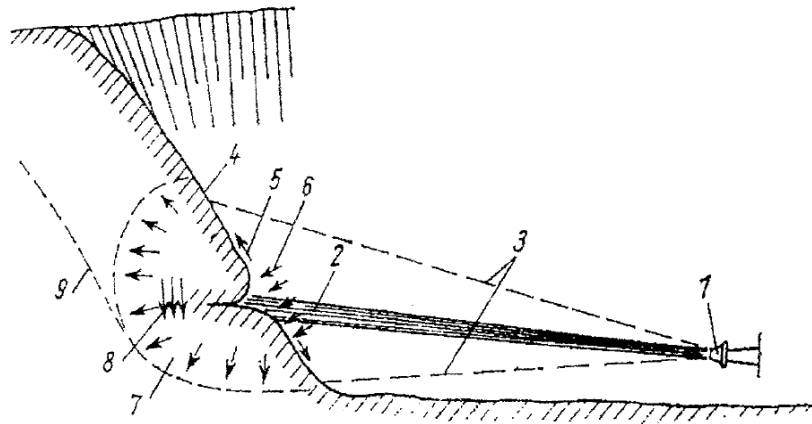
Obr. 19 Zub ESCO Sv2 [3]

1.7 Rozpojování materiálu

V dnešní době je možné použít několik způsobů rozpojování zemin. Zřejmě nejrozšířenější je mechanické rozpojování (obr. 20). Jedná se o způsob rozpojování materiálu, při kterém se dobývaná zemina odděluje noži, klíny nebo nádobami, které jsou součástí dobývacího (nabíracího) stroje. Porušení celistvosti zeminy je způsobeno překročením mezních napětí, ke kterému dochází bezprostředně působením pracovního nástroje. Další způsob dobývání je hydraulický způsob neboli hydrodobývání (obr. 21). Tento způsob využívá kinetické energie vodního proudu k rozrušení horniny. Explosivní způsob dobývání využívá k rozrušení materiálu přetlaku plynu vzniklého explozivním hořením výbušných látek. Používá se zejména při dobývání velmi tvrdých hornin, například žuly nebo hutného křemence. Toto jsou základní metody dobývání hornin. Existují ale i další, nekonvenční metody dobývání hornin, jako jsou dobývání laserem nebo chemické dobývání. Tyto metody jsou však v praxi prakticky minimálně využívány.



Obr. 20 Mechanické rozpojování horniny [14]

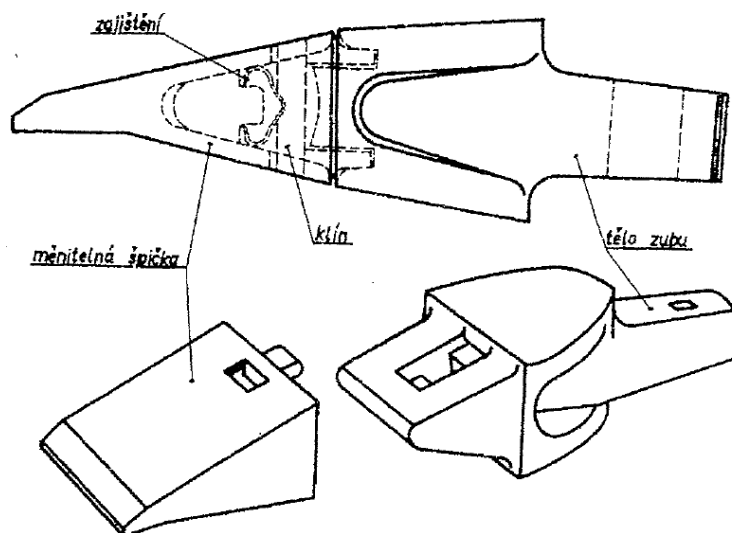


Obr. 21 Principiální schéma hydrodobývání [1]

1) tryska hydromotoru, 2) vodní proud, 3) oblast působení vodního proudu, 4) svah, 5) vymílání horniny vodou, 6) oblast vzduť tlaku vodního proudu, 7) oblast zvýšení kapilárního tlaku a rozšíření vytěženého prostoru v hornině, 8) tíhové síly dobývané horniny 9) tržná linie dobývaného svahu

Část těžicího stroje, která bezprostředně působí na zeminu, se nazývá pracovní nástroj. Základním parametrem a požadavkem na konstrukci pracovních nástrojů je dosažení minimální spotřeby energie při rozpojování hornin a maximální životnost těchto nástrojů. Tohoto se dá dosáhnout vhodné volby tvaru nástroje. Při každém konstrukčním návrhu pracovního stroje se vychází z elementárních nástrojů – vodorovný a svislý hladký nůž. Při vhodné kombinaci těchto nástrojů pak vznikají tvary nástrojů závislé na koncepci strojů

a jejich provoznímu určení. Nástroje mají tvary nože, zubů, radlice, korečku, korby, lopaty apod. Z pohledu dnešních požadavků na pracovní nástroje, jsou velmi důležitým prvkem nástrojů zuby. Zuby jsou vystaveny vysokému mechanickému namáhání a opotřebení. Při použití vhodných materiálů a vhodném tepelném zpracování se dá dosáhnout ideální houževnatosti a tvrdosti zubů. Když se zub opotřebovává, tak se zvětšuje řezný odpor a snižuje se výkonnost stroje. Proces opotřebení se dá zpomalit pomocí volby správného tvaru zubu, jeho materiálu a způsobu uchycení na nástroji. Proto se čím dál více využívají vyměnitelné zuby. Tyto zuby umožňují snadnou výměnu přímo na pracovišti. Využívá se také výměnné špičky nástroje (obr. 22). Možnost samoostření zubů, v dnešní době již běžné, velmi prodlužuje životnost zubů. Toho se dá dosáhnout vhodnou volbou materiálu atd. Momentálně v tomto odvětví působí mnoho firem jako ESCO, Futura, MTG nebo West-trak.



Obr. 22 Zub s vyměnitelnou špičkou [2]

1.8 Vítkovice GEARWORKS

Vítkovice GEARWORKS (dále jen VGW) je společnost ve skupině Vítkovice MACHINERY GROUP. Od založení této společnosti pro výrobu ozubených kol v roce 1926 je tato společnost jedním z předních dodavatelů atypických převodových skříní, ozubených dílů až po kompletní pohony do různých odvětví průmyslu. Dále společnost poskytuje služby v oblastech návrhu, výpočtu a zpracování výkresové dokumentace, tepelného zpracování, svařování, broušení ozubení či repase a opravy převodovek. Od roku

2007 společnost zajišťuje kompletní engineeringovou činnost pro těžební průmysl (povrchová těžba) a energetiku. V oblasti povrchové těžby se jedná o dodávky skládkových strojů, rýpadel, zakladačů a lodních vykladačů. U energetiky se jedná o dodávky ventilátorových mlýnů pro zpracování uhlí. Návrhy a výroba zařízení pro kontinuální povrchovou těžbu surovin zahrnují především kolesová nebo korečková rýpadla a zakladače skrývky na housenicovém podvozku o výkonu až 10000 m³/hod. Korečková i kolesová rýpadla jsou navrhována dle specifických požadavků zákazníka a musí splňovat podmínky dané lokality a účelu. Naše společnost je schopna naprojektovat a vyrobit celý technologický celek povrchového dolu, to znamená rýpadlo, shazovací vůz, dálková pásová doprava a zakladač. Dále VGW nabízí skládkovací systémy a úpravny rud, zahrnující manipulaci s materiálem, do které patří především skládkové stroje (zakladače, naběrače, kombinace předešlých strojů, shrnovače – obr. 23), dále pak dopravníky a mlýny uhlí. Koksozny zahrnují strojní vybavení pro oba druhy provozů výroby koksu (pěchovací a sypný provoz) a zároveň strojní zařízení pro obsluhu koksovacích baterií. Vysoké pece zahrnují dodávky nejen plášť pece, ale i vyzdívky, chlazení, ocelové konstrukce, zavážecí zařízení pece (zde patří skipové výtahy, jámy, sazebny, ohříváče větrů včetně potrubí a dmyšných souprav), plynočistírny (suché se šnekovými podavači a uzávěry a mokré, kde jsou použity skrubry a venturiho pračky).



Obr. 23 Boční shrnovač BSK [7]

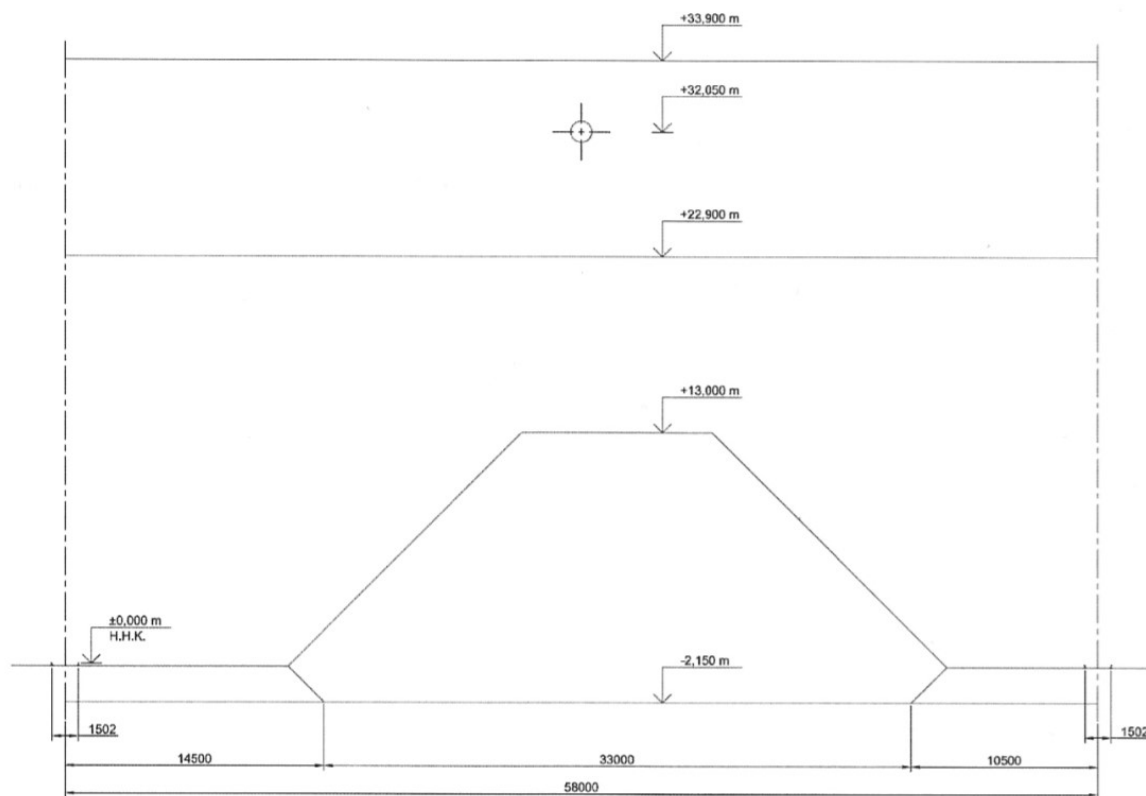
2 Analýza problému

Koreček a jeho upevnění na řetěz musí být dimenzován tak, aby vydržel zatížení pohonu a další zatížení (dynamické síly při rozrušování materiálu atd.). Pro výkonnost $1200 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ byl zvolen pohon o výkonu $2 \times 110 \text{ kW}$ s výstupními otáčkami převodovky $15 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$ a výstupním točivým momentem $68,782 \text{ kN} \cdot \text{m}$. Je třeba uvažovat, že výstupní točivý moment převodovky je nutno ještě zdvojnásobit z důvodu dvojnásobného pohonu. Toto jsou jmenovité hodnoty pohonu. Dalším aspektem, který je třeba si uvědomit je to, že pohon bude vlivem dynamických sil při nabírání materiálu provozovat trvale při 1,6-ti násobku jmenovitého točivého momentu v kterémkoliv ročním období. V zimním období může být pohon i dvojnásobně přetížen z důvodu rozrušování zmrzlého povrchu hromady na dvojnásobek jmenovitého točivého momentu. Při delším dvojnásobném přetížení bude pohon vypínán z důvodu možného, nevratného, poškození pohonu. Všechny tyto aspekty by se měly zohlednit v následném dimenzování korečku a jeho upevnění na řetěz s odpovídající bezpečností. V následujících kapitolách pojednávám o samotném stroji (obr. 24), výpočtu základních provozně technologických parametrech stroje, výpočtu síly působící na koreček a dimenzování upevnění korečku na řetěz.

2.1 Základní rozměry stroje

Rozchod stroje	58,000 m
Rozchod jedné pojezdové větve	1,435 m (standartní železniční)
Typ pojezdové kolejnice	S46
Horní hrana pojezdové kolejnice	$\pm 0,000 \text{ m}$ (H.H.K.)
Výška spodní hrany nosníku mostu stroje	+22,900 m
Výška horní hrany nosníku mostu stroje	+33,900 m
Výšková úroveň hnacího turasu	+32,050 m
Tvar hromady	lichoběžníková, se spodní hranou pod úrovni terénu
Výšková úroveň spodní hrany hromady	-2,150 m

Výšková úroveň horní hrany hromady	+13,000 m
Výška hromady	15,150 m
Šířka hromady	33,000 m (na úrovni -2,150 m)



Obr. 24 Základní rozměry stroje

2.2 Provozně technologické parametry stroje

Jedná se o portálový korečkový naběrač homogenizační KN 350 (obr. 25, podobný stroj KN 200), který je umístěný na homogenizačním aglomeračním rudišti ve venkovním prostoru. Pracovní teplota okolí se pohybuje od -20 až do $+40^{\circ}\text{C}$. Provoz stroje je nepřetržitý třísměnný a servisní interval je 2 roky. Tudiž minimální životnost jednotlivých částí korečkového řetězu je také 2 roky. S ohledem na tuto skutečnost je koreček navrhován. Výkon stroje se může měnit s ohledem na sypnou hmotnost, která dosahuje hodnot $1,7$ až $3,0 \text{ t}\cdot\text{m}^{-3}$. Jako základní hodnota je stanovena výkonnost $1200 \text{ t}\cdot\text{hod}^{-1}$. Materiály jsou sypké až lepkavé s vlhkostí 0 až 10 % (podle počasí až 20 %), ale ve výjimečných situacích může vlhkost dosáhnout až 40 %. V letním období je materiál

vlhčen a v zimním období dochází k promrzání povrchu hromad. Zrnitost materiálu se pohybuje od 0 do 30 mm. V zimním období se mohou vyskytovat i zmrzlé kusy až do cca 500 mm (potřeba rozrušení pomocí nožů/břitů). Sypný úhel materiálu je 45° (statický). Mezi nabírané materiály se řadí rudy, koncentráty, dolomit, pelety pro výrobu vysokopecních a ocelářenských aglomerátů a další sekundární (druhotné) suroviny při výrobě železa a oceli. Objem korečku je předběžně zvolen.



Obr. 25 Portálový korečkový naběrač KN 200 [7]

Zadané parametry

Výkonnost odebrání	$Q = 1200 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$
Sypná hmotnost	ρ = sypná hmotnost se může měnit v závislosti na různorodosti nabíraného mat. od $1,7 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$ do $3 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$
Rychlost korečkového řetězu	$v_k = 0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Rychlost pojezdu stroje	$v = 2,5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1} = 0,042 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Součinitel nakypření	$\eta = 1,2$

Součinitel plnění korečku	$\eta_p = 0,9$
Délka svahu	$L = 35 \text{ m}$ (délka nabíraného svahu je proměnlivá, uvažuji ale největší délku svahu)
Člankování řetězu	$i_k = 4$ (čtyřnásobné)
Rozteč řetězu	$T_\xi = 315 \text{ mm}$

Teoretický výkon stroje

Při výpočtu výkonnosti stroje uvažuji sypnou hmotnost $1,7 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$, kdy bude potřeba největšího výkonu stroje, aby dosáhl stanovené výkonnosti $1200 \text{ t} \cdot \text{hod}^{-1}$

$$Q_m = \frac{Q}{\rho} = \frac{1200}{1,7} \quad (1)$$

$$Q_m = 705,88 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

kde Q – výkonnost stroje [$\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$]

ρ – sypná hmotnost [$\text{t} \cdot \text{m}^{-3}$]

Rozteč korečků

$$T = T_\xi \cdot i_k = 315 \cdot 4 \quad (2)$$

$$T = 1260 \text{ mm}$$

kde T_ξ – rozteč korečků

i_k – člankování řetězu

Potřebný počet výsypů

$$t_{teor} = \frac{60 \cdot v_k}{T} = \frac{60 \cdot 0,7}{1260} \quad (3)$$

$$t_{teor} = 33,33 \text{ min}^{-1} = 1999,99 \text{ hod}^{-1}$$

kde v_k – rychlost korečkového řetězu [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

T – rozteč korečků [m]

Potřebný počet výsypů za minutu bude **$n=34 \text{ min}^{-1} = 2040 \text{ hod}^{-1}$**

Minimální potřebný objem korečku

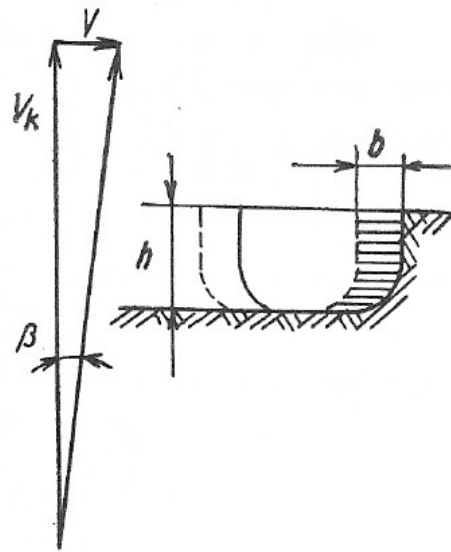
$$V_{min} = \frac{Q_m}{t_{teor}} = \frac{705,88}{2040} \quad (4)$$

$$V_{min} = 0,346 \text{ m}^3$$

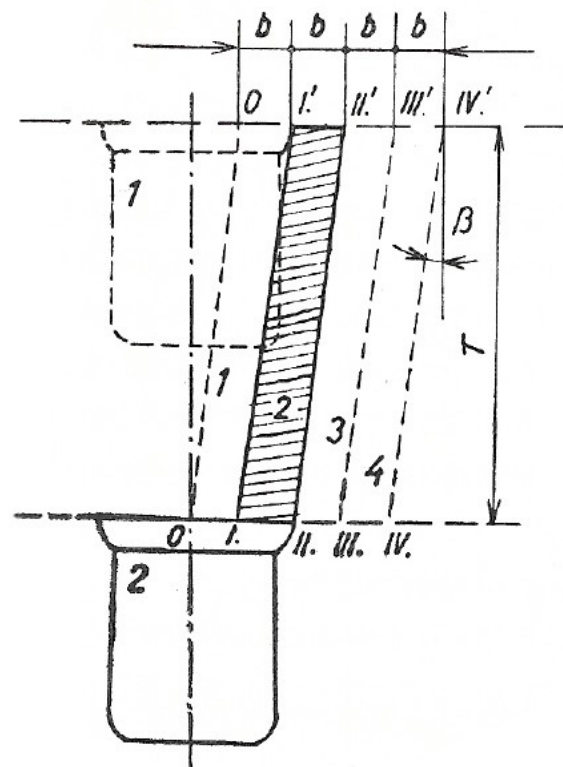
Na základě minimálního potřebného objemu korečku volím jeho objem **$0,350 \text{ m}^3 = 350 \text{ l}$**

2.2.1 Tříska a její rozměry

Při výpočtu se vychází z podmínky, že koreček má být naplněn, jakmile dosáhne horní hrany svahu. Dále musí být také dodržena podmínka maximálního řezného úhlu. Tento maximální řezný úhel je stanoven přibližně $\beta_{\max} = 10^\circ$ a je funkcí rychlosti korečkového řetězu a z pojezdové rychlosti stroje. Tato hodnota nesmí být překročena, aby se korečky mohly volně zařezávat do hromady. Tento úhel je znázorněn na obr. 26. Dále je pak na obr. 27 schematicky naznačeno odebírání třísky. Záleží také na způsobu nabírání materiálu. Ty jsou dva. První je tzv. plynulé překládání, kdy je naběrač po projetí fronty přeložen ve směru postupu fronty o výšku h , takže výška třísky je při konstantní rychlosti stále stejná. Druhý způsob – překládání po úsecích – pracuje v určitých úsecích, ve kterých se mění délka svahu a výška třísky.



Obr. 26 Parametry třísky [6]



Obr. 27 Schéma odebírání třísky [6]

Řezný úhel

$$tg\beta = \frac{v}{v_k} = \frac{0,042}{0,7} \quad (5)$$

$$\beta = 3,4^\circ$$

kde v_k – rychlost korečkového řetězu [$m \cdot s^{-1}$]

v – rychlost pojezdu stroje [$m \cdot s^{-1}$]

Podmínka pro řezný úhel je splněna $\beta_{\max} > \beta$

Šířka třísky

$$b = tg\beta \cdot T = tg3,4^\circ \cdot 1260 \quad (6)$$

$$b = 0,075 \text{ m}$$

kde β – řezný úhel [$^\circ$]

T – rozteč korečků [m]

Hloubka třísky

$$h = \frac{V_k}{\eta_p \cdot L \cdot b} = \frac{0,35}{0,9 \cdot 35 \cdot 0,075} \quad (7)$$

$$h = 0,15 \text{ m}$$

kde V_k – objem korečku [m^3]

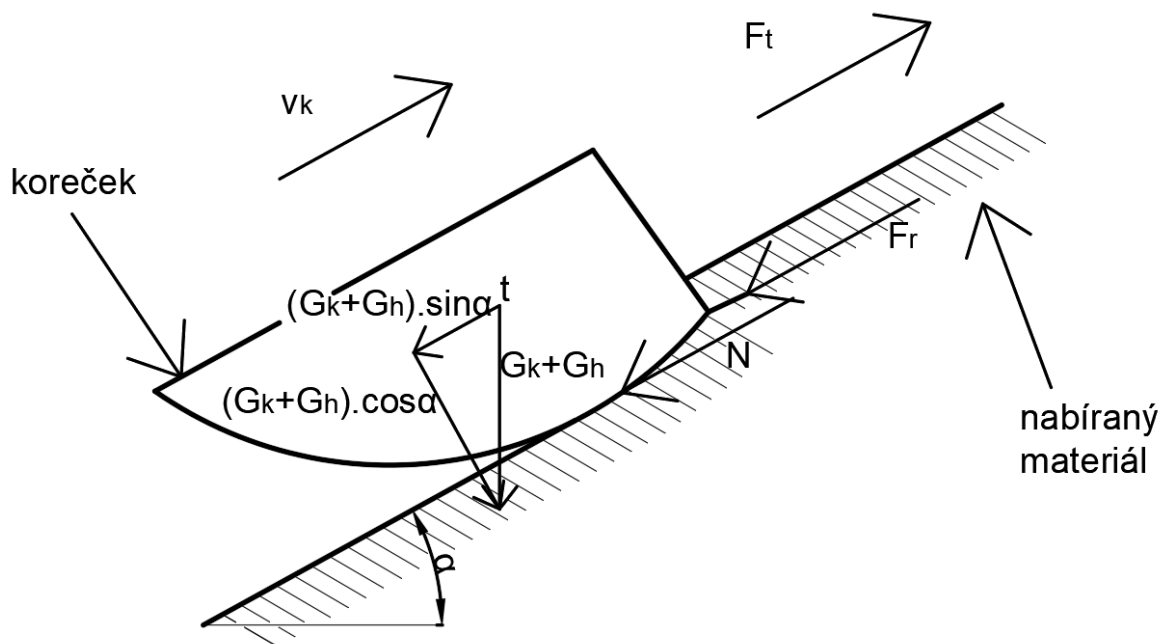
η_p – součinitel plnění korečku [-]

L – délka svahu [m]

b – šířka třísky [m]

2.2.2 Silové poměry na korečku

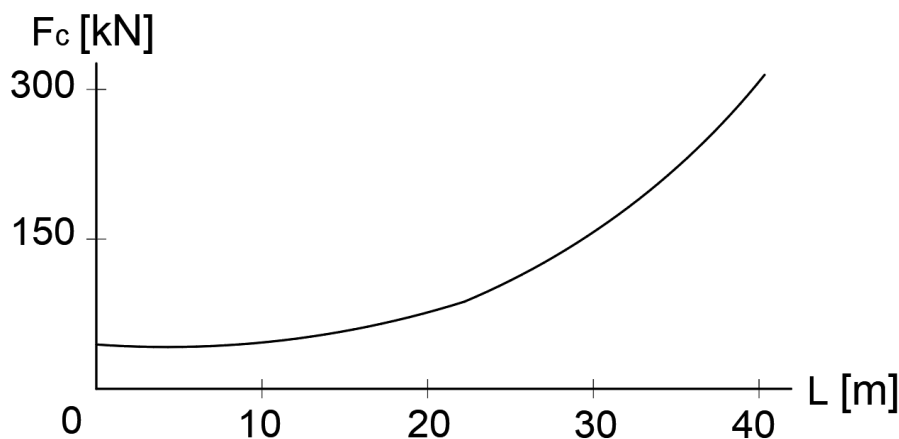
Proces nakládání horniny korečkovým naběračem v sobě spojuje vlastnosti horniny, vlivy způsobu nakládání (plynulé překládání, překládání po úsecích) a spojení kinematických a silových charakteristik stroje. Na odpor proti korečku má tedy vliv druh horniny a její kusovitost, výška hromady a sklon svahu, geometrický tvar a rozměry nabíracího orgánu (délka aktivních břitů), hloubka zaboření korečku, úhel sklonu dna korečku při zaboření, charakter vnějších sil při zaboření a tvoření a zanikání pásma stlačení před břit. Pásmo stlačení horniny zaniká na vrcholu hromady a tlačená hornina může mít ve výjimečných případech i hmotnost 0,5 t. V případě, že je zaručeno dostatečné rozpojení nabírané horniny zuby nebo břit, může se tento aspekt teoreticky zanedbat. Musí být také dodržena podmínka maximálního řezného úhlu (vzorec 4), aby se koreček mohl volně zařezávat do materiálu.



Obr. 28 Schéma zatížení korečku

G_k – tíha korečku, G_h – tíha horniny v korečku, F_r – řezný odpor, F_t – tažná síla, N – třecí odpor, v_k – rychlost korečkového řetězu, t – těžiště korečku s horninou, α – úhel sklonu hromady

Rypný odpor korečku bude po celou délku svahu stejný, ale celkový odpor se bude postupně zvyšovat až po vrchní okraj svahu, kde bude největší (obr. 29). To je způsobeno postupným plněním korečku. Odpory proti nabírání horniny (rypné odpory) jsou u tohoto stroje malé a při vhodném zvolení zubů, či břitů i zanedbatelné (teoreticky). Jediným výraznějším odporem bude odpor proti zvedání materiálu k výsypu. V mém případě se tedy nemusím zabývat všemi odpory proti korečku. Bude se tedy vycházet ze síly od pohonu F_t , která působí v ose řetězu. Ta bude působit krátkodobě v případě nárazu do těžko rozpojitelého materiálu. Na koreček ale nepůsobí celá tažná síla v řetězu. Je zapotřebí si uvědomit, že tažná síla v řetězu je součtem několika sil. Jedná se o sílu potřebnou k rypání materiálu, sílu potřebnou pro zvedání materiálu a sílu potřebnou pro překonání pasivních odporů (tření korečků po materiálu a tření řetězu ve vedení). Síla působící na koreček je přinejmenším menší o sílu třecích odporů, ty tam jsou vždy.



Obr. 29 Celkový odpor korečku v závislosti na délce svahu
L – délka svahu, F_c – celkový odpor korečku

Tažná síla v ose řetězu

$$F_{tmin} = \frac{2 \cdot M_k}{\frac{D_t}{2}} = \frac{2 \cdot 68,786}{\frac{1,27}{2}} \quad (8)$$

$$F_{tmin} = 216,636 \text{ kN}$$

kde M_k – výstupní točivý moment pohonu [$\text{kN} \cdot \text{m}$]

D_t – roztečná kružnice hnacího turasu [m]

Toto je maximální tažná síla od pohonu v nezatíženém stavu, tj. běh na prázdkno – bez zátěže. Pohon bude ale trvale zatížen 1,6-násobkem (v zimě dvojnásobkem) jmenovitého momentu z důvodu dynamických sil při nabírání materiálu. Z toho důvodu se koreček a jeho uchycení dimenzuje na dvojnásobek jmenovitého momentu.

Tažná síla působící v ose řetězu trvale

$$F_{tt} = \frac{2 \cdot M_k \cdot 1,6}{\frac{D_t}{2}} = \frac{2 \cdot 68,786 \cdot 1,6}{\frac{1,27}{2}} \quad (9)$$

$$F_{tt} = 346,617 \text{ kN}$$

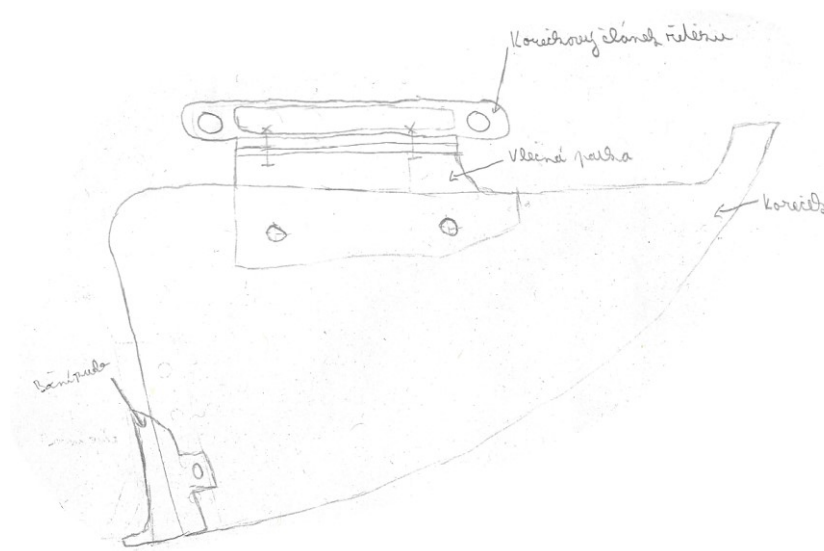
Maximální tažná síla v ose řetězu

$$F_{tmax} = \frac{2 \cdot M_k \cdot 2}{\frac{D_t}{2}} = \frac{2 \cdot 68,786 \cdot 2}{\frac{1,27}{2}} \quad (10)$$

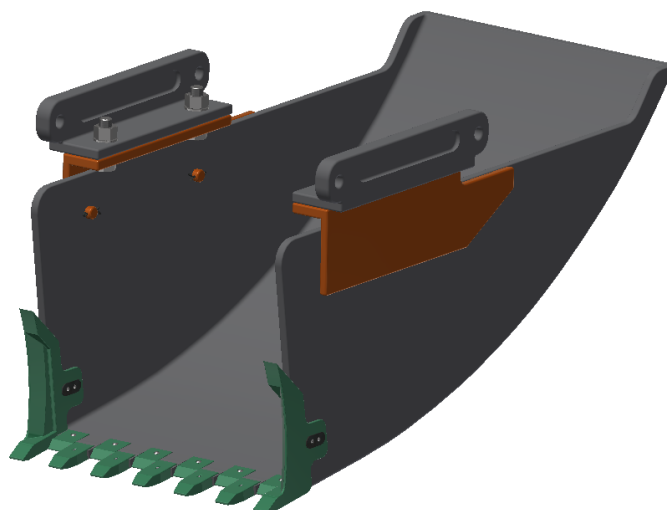
$$F_{tmax} = 433,272 \text{ kN}$$

3 Návrh korečku

Koreček by měl být navržen a dimenzován podle předem stanovených kritérií, tj. daný objem, zatížení a provozní podmínky korečku. Všechny tyto aspekty jsou uvedeny v předešlých kapitolách. Minimální objem korečku je $0,346 \text{ m}^3$. Při návrhu jsem uvažoval objem $0,350 \text{ m}^3$. Samotný návrh korečku jsem prováděl víckrát. První návrh (obr. 30) jsem prováděl bez předešlých konzultací a všechny jeho úpravy jsem prováděl podle vlastních uvážení. Nejprve jsem si koreček schematicky nakreslil (obr. 30), a pak ho postupně modeloval. Teoreticky by tento návrh i fungoval, ale má hodně nedostatků. Zaprvé tvar a natočení zubů korečku jsou nedostačující a v praxi nepoužitelné. Tvar korečku je také nevyhovující, jelikož by se v praxi neosvědčil. Je přijatelnější navrhnout širší a kratší koreček, tím pádem je i více korečků na korečkovém řetězu. Dalším nedostatkem je uchycení úhelníku na koreček. Můj návrh by krátkodobě fungoval, ale při dlouhodobějším přetížení by byl nepoužitelný. Jediným pozitivem na tomto návrhu je uchycení k řetězu, to by zaručeně vydrželo, ale zapomněl jsem na kluznici nebo válečky k vedení korečku ve vodiči. Posledním nedostatkem je přílišné opotřebení materiálu. Jelikož jsou určité části korečku namáhány abrazivním opotřebením více než ostatní části, používají se vhodné úpravy povrchu, nebo přidání vysoce odolných plechů na určitá místa.

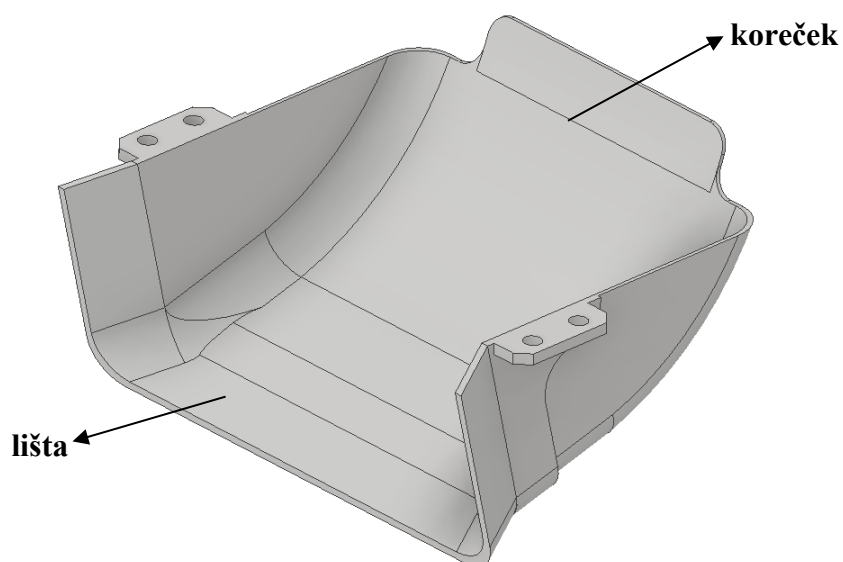


Obr. 30 Náčrt prvotního návrhu korečku

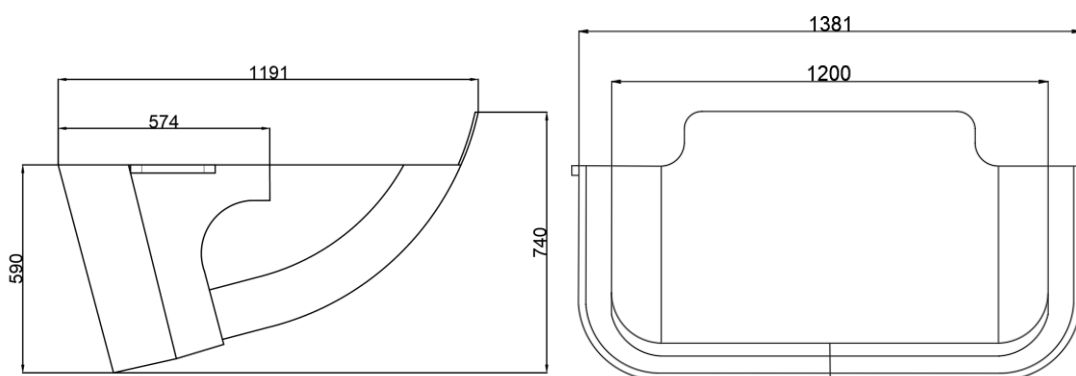


Obr. 31 Prvotní návrh korečku

Po konzultacích jsem začal znovu. Nyní už s cennými poznatky jak z teorie, tak z praxe. Vycházel jsem z předběžného návrhu firmy VGW. Vychází se z těla korečku, na který je navařena lišta s výběžky pro uchycení ke korečkovému řetězu. Tento návrh jsem upravil a vymodeloval si koreček (obr. 32), ke kterému jsem posléze začal navrhovat zuby, uchycení k řetězu a materiál korečku. Všechny základní rozměry (obr. 33) korečku vychází z mnohaletých zkušeností s návrhy těchto součástí. Výkres korečku je v příloze F.



Obr. 32 Základní tvar korečku



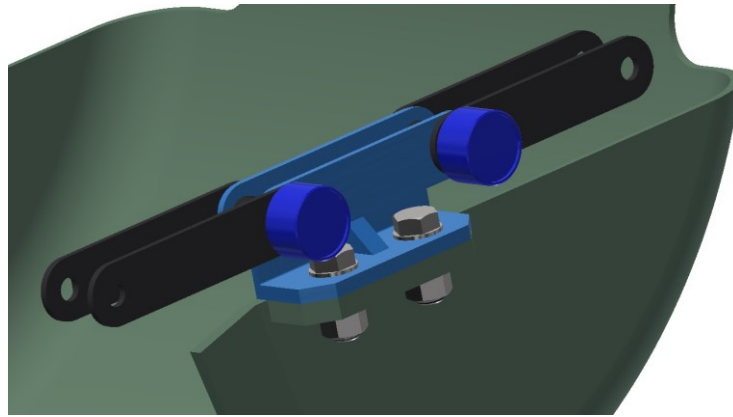
Obr. 33 Základní rozměry korečku

3.1 Uchycení korečku k řetězu

Koreček se dá ke korečkovému řetězu přichytit dvěma způsoby. Prvním způsobem je navaření článku řetězu na koreček (obr. 33). Je to jednoduché řešení. Má ale jednu nevýhodu a to, že při jakémkoliv poruše korečku se musí koreček s tímto článkem sundat, čímž dochází k mnohem větším prostojům než u druhého způsobu. Druhý způsob vychází z našroubování korečku přes úhelník ke speciálně upravenému článku řetězu. Tento úhelník může být ke korečku buď přišroubovaný, nebo přivařený. To, co je u prvního způsobu nevýhoda, je u druhého výhoda. Tím, že se při poruše může sundat pouze koreček bez článku řetězu, se dosahuje menších prostojů. Existuje ještě jedna varianta, která spočívá v tom, že úhelník je zakomponován na liště korečku. Zvolil jsem poslední jmenovaný způsob (obr. 34).



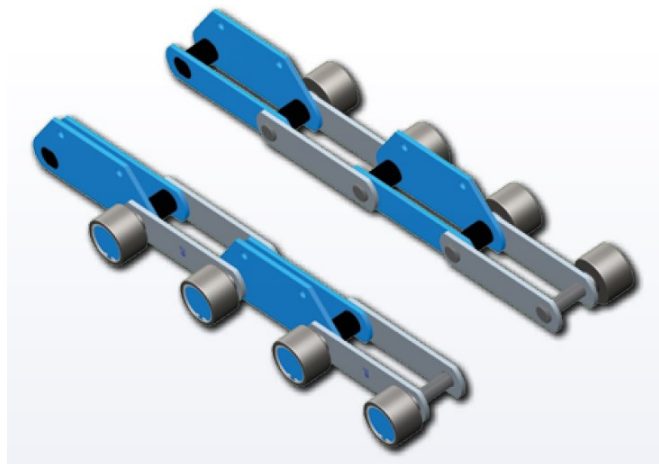
Obr. 34 Navaření článku na koreček [7]



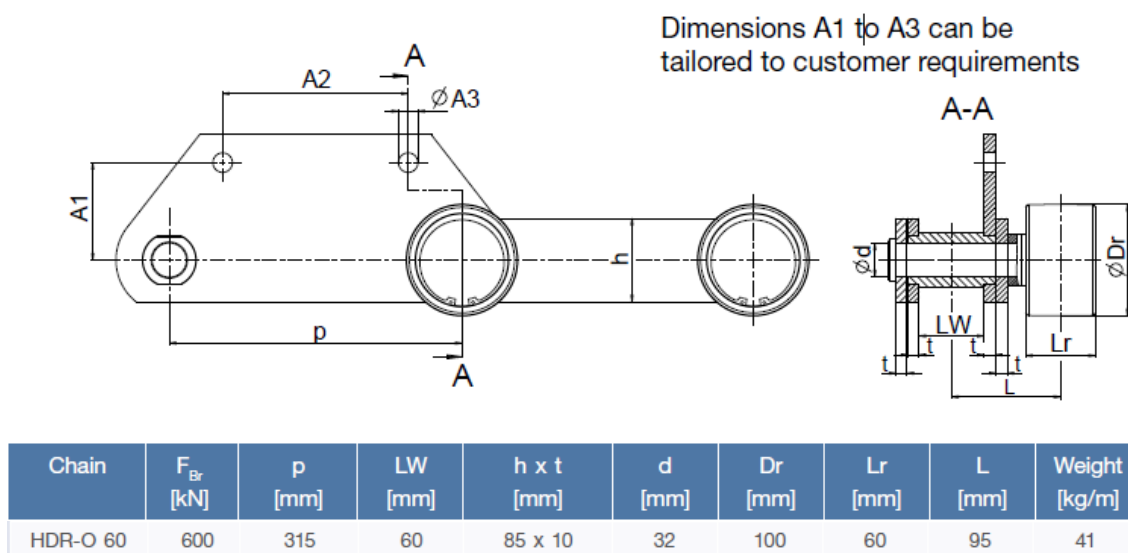
Obr. 35 Navržené uchycení korečku k řetězu

Pro můj návrh jsem zvolil řetěz firmy THIELE. Jedná se o typ HDR-O 60 (obr. 35), který je navržen na maximální sílu 600 kN, takže plně vyhovuje mému zadání. Zároveň se také vyrábí se zadanou roztečí. Základní parametry řetězu jsou uvedeny na obrázku 36.

V katalogu je uveden obrázek s rovnými články, ale výrobce nabízí zahnuté články viz obr. 41. Výrobce také umožňuje vyztužení zahnutého článku pomocí žebra. Při návrhu je třeba také dbát na dostatečný prostor pro klíč. Pro zvolené šrouby je předepsaná minimální vzdálenost mezi nimi na 72 mm. Proto volím vzdálenost mezi jednotlivými šrouby 155 mm.



Obr. 36 Řetěz THIELE HDR-O 60 [19]



Obr. 37 Základní rozměry řetězu [19]

3.2 Výpočet šroubů k uchycení na korečkový řetěz

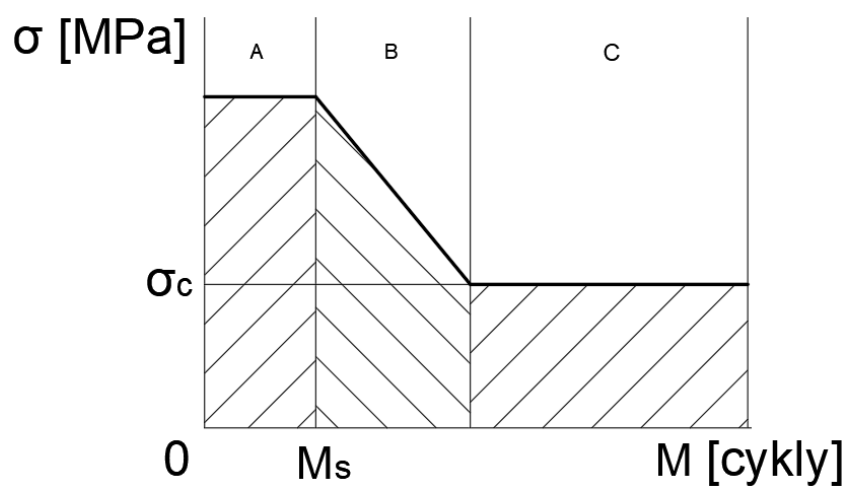
Koreček bude uchycen k řetězu pomocí 4 šroubů, které budou zatěžovány dynamickou silou od rozrušování materiálu. Uchycení budu navrhovat na největší možnou sílu (vzorec 10). Tato síla nebude stálou zatěžující silou, ale bude se vyskytovat pouze výjimečně. Jelikož se podle Wöhlerovy křivky budu pohybovat v oblasti statické pevnosti (obr. 37) a všechny dynamické rázy se budou pohybovat v oblasti trvalé pevnosti (tj. pod mezí únavy), budu počítat šroub staticky. Budu také uvažovat nejhorší možnou variantu provozu stroje. Jedná se o to, že celou zatěžující sílu bude muset přenést jeden koreček při nárazu na těžko rozpojitelny materiál. Působící síla bude však ještě snížena o 35 % u řetězu s třecím vedením a o 16 % s kladkovým vedením. Při mém návrhu budu sílu ponížovat o 16 %. Tato síla bude působit na všechny 4 šrouby a jelikož při výpočtu uvažuji dva šrouby, bude síla poloviční. Navrhnuté vzdálenosti jsou uvedené níže a pro lepší pochopení jsou také zakresleny na obr. 38.

Navržené vzdálenosti: $L = 670 \text{ mm}$

$$l_1 = 80 \text{ mm}$$

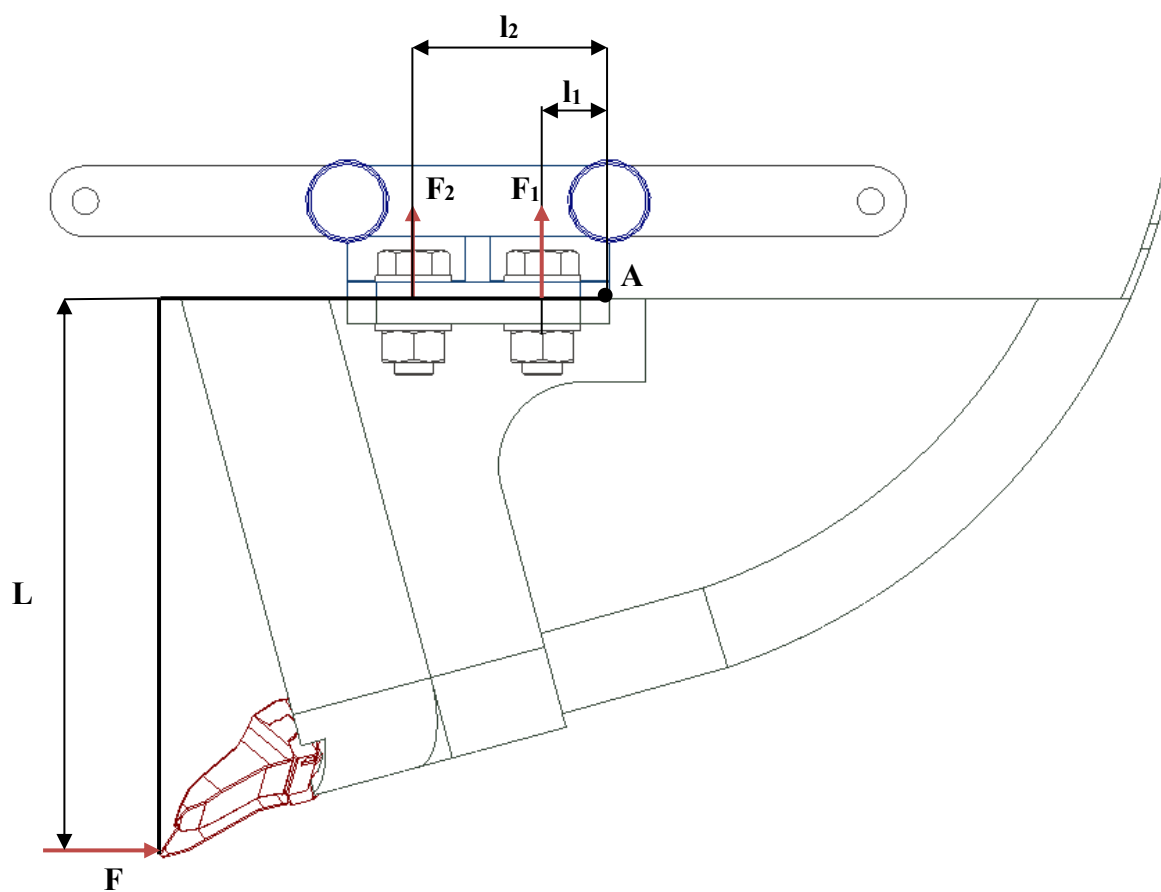
$$l_2 = 235 \text{ mm}$$

Zatěžující síla:
$$F = \frac{433,272}{2} \cdot 0,84 = 181,974 \text{ kN}$$

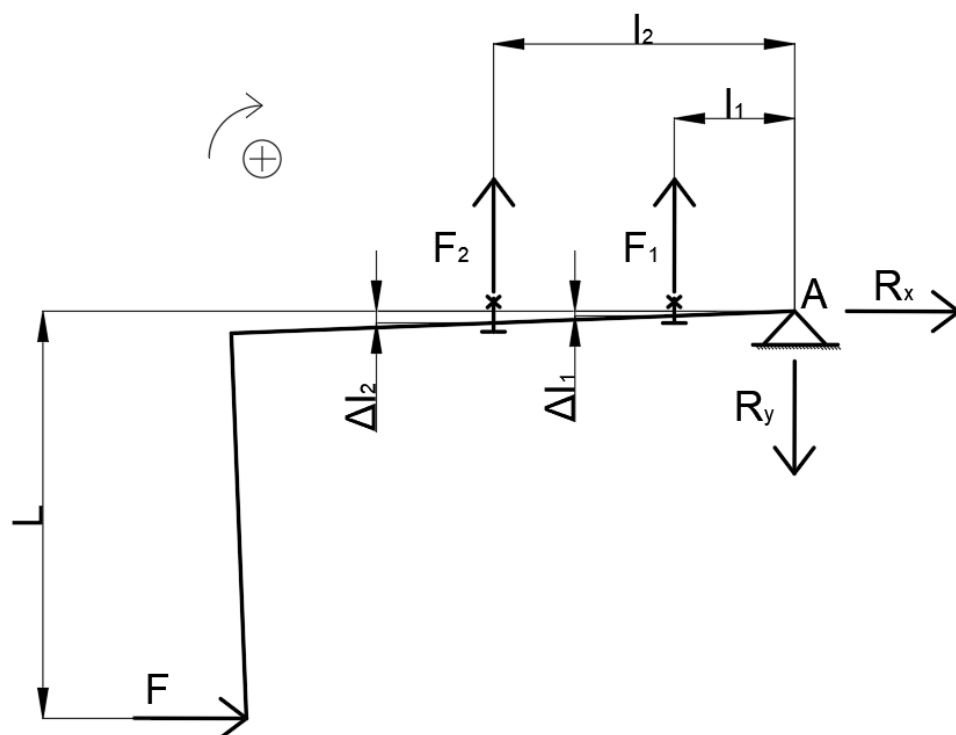


Obr. 38 Wöhlerův diagram [20]

σ – zatěžující napětí, σ_c – mez únavy, M – počet cyklů, M_s – statická mez (u oceli kolem 1000 cyklů), A – oblast statické pevnosti, B – oblast časované pevnosti, C – oblast trvalé pevnosti



Obr. 39 Navržené vzdálenosti



Obr. 40 Silový rozbor

Silový rozbor

$$\sum F_{xi} = 0 \rightarrow R_x = F \quad (11)$$

$$\sum F_{yi} = 0 \rightarrow R_y = F_1 + F_2 \quad (12)$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow F \cdot L = F_1 \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2 \quad (13)$$

Jelikož je řešená úloha staticky neurčitá, musím stanovit **deformační podmínku**:

$$\frac{\Delta l_1}{l_1} = \frac{\Delta l_2}{l_2} \quad (14)$$

kde $\Delta l_{1,2}$ – prodloužení šroubů

Při řešení budu vycházet z tuhosti šroubů:

$$c_s = \frac{F_{1,2}}{\Delta l_{1,2}} \rightarrow F_{1,2} = \Delta l_{1,2} \cdot c_s \quad (15)$$

Následným dosazením (13) do (14) jsem vyjádřil sílu F_2 a dosadil do (12):

$$F_1 = \Delta l_1 \cdot c_s$$

$$F_2 = \Delta l_2 \cdot c_s = \frac{\Delta l_1}{l_1} \cdot l_2 \cdot c_s = F_1 \cdot \frac{l_2}{l_1}$$

$$F \cdot L = F_1 \cdot l_1 + F_1 \cdot \frac{l_2}{l_1} \cdot l_2$$

$$F_1 = \frac{F \cdot L}{l_1 + \frac{l_2}{l_1} \cdot l_2} = \frac{181,974 \cdot 670}{80 + \frac{235}{80} \cdot 235}$$

$$F_1 = 158,277 \text{ kN}$$

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{l_2}{l_1} = 158,277 \cdot \frac{235}{80}$$

$$F_2 = 464,938 \text{ kN}$$

Největší síla je F_2 , na tuto sílu budu dimenzovat šrouby.

Předběžný návrh šroubu

Další zvolené parametry:	Mez kluzu	$Re = 1080 \text{ MPa}$
	Součinitel smykového tření na závitu	$f_z = 0,2$
	Statická bezpečnost	$k_s = 1,5$

$$\sigma_t \leq \sigma_d \rightarrow \frac{F_2}{\frac{\pi \cdot d_3'^2}{4}} \leq \frac{Re}{k_s} \quad (16)$$

$$d'_3 = 2 \cdot \sqrt{\frac{k_s \cdot F_2}{\pi \cdot Re}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{1,5 \cdot 464938}{\pi \cdot 1080}}$$

$$d'_3 = 28,6739 \text{ mm}$$

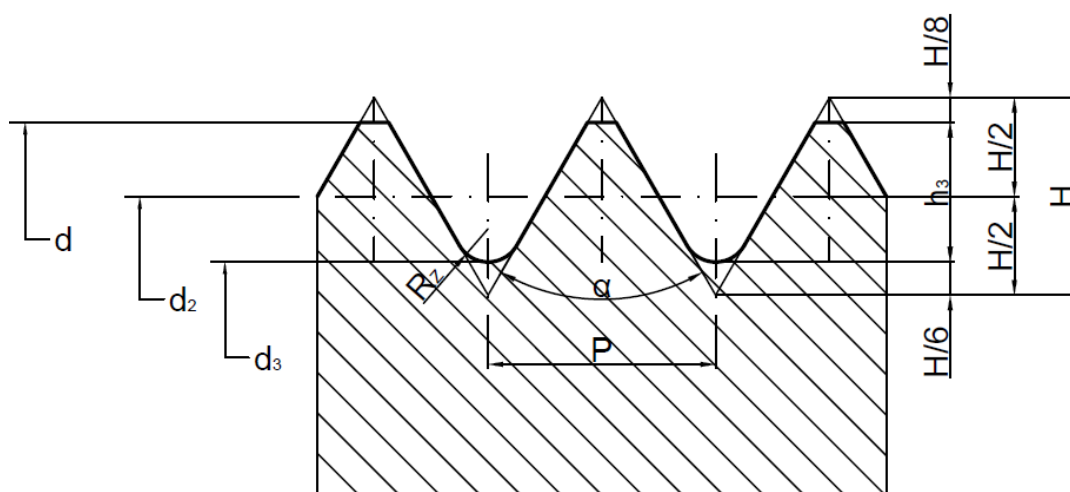
kde σ_t – tahové napětí [MPa]

σ_d – dovolené napětí [MPa]

Volím normalizovaný šroub **M36 x 4 x ČSN EN 24018–12.9**. Budou použity 4 tyto šrouby. Nejprve jsem ale navrhl šrouby M32. Ty ale nevyhovovaly z hlediska bezpečnosti, tudíž jsem byl nucen zvolit větší šrouby, tedy M36. Použití ještě větších šroubů by bylo sice bezpečnější, ale musí se také přihlížet k montáži. Např. při použití šroubu M50 by byl zapotřebí velice velký klíč, se kterým by bylo velmi těžké manipulovat. Základní parametry závitu jsou uvedeny v tabulce 1 a pevnostní třídy šroubů v tabulce 2. Proti uvolnění šroubu volím variantu ověřenou v praxi. Spočívá v kápnutí lepidla (např. Loctite) pod podložku a pod matici. tím je šroub chráněn proti uvolnění.

Tabulka 1 Základní parametry závitu [20]

Význam	Označení	Velikost	Rozměr
Velký průměr závitu – jmenovitá velikost	d	36	[mm]
Střední průměr závitu	d ₂	33,402	[mm]
Malý průměr závitu	d ₃	31,093	[mm]
Rozteč	P	4	[mm]
Stoupání	P _h	4	[mm]
Úhel profilu	α	60	[°]
Výška základního trojúhelníku ISO profilu závitu	H	3,4641	[mm]
Výška závitu	h ₃	2,4537	[mm]
Zaoblení dna závitu	R _z	0,5774	[mm]



Obr. 41 Parametry závitu [20]

Tabulka 2 Třídy pevností šroubů [20]

Třída pevnosti	Pevnost v tahu R_m [MPa]	Mez kluzu R_e nebo průtažnosti $R_{0,2}$ (MPa)
4.6	400	240
4.8	400	320
5.8	500	400
6.8	600	480
8.8	800	640
10.9	1000	900
12.9	1200	1080

Úhel stoupání závitu

$$\psi = \arctg\left(\frac{P_h}{\pi \cdot d_2}\right) = \arctg\left(\frac{4}{\pi \cdot 33,402}\right) \quad (17)$$

$$\psi = 2,183^\circ$$

Třecí úhel na závitu

$$\varphi' = \arctg\left(\frac{f_z}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}\right) = \arctg\left(\frac{0,2}{\cos\left(\frac{60}{2}\right)}\right) \quad (18)$$

$$\varphi' = 13,0039^\circ$$

kde f_z – součinitel smykového tření na závitu [-]

Pevnostní kontrola

Tahové napětí v šroubu:

$$\sigma_t = \frac{F_2}{S} = \frac{F_2}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} = \frac{464938}{\frac{\pi \cdot 31,093^2}{4}} \quad (19)$$

$$\sigma_t = 612,322 \text{ MPa}$$

Krutové napětí v šroubu:

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{F_z \cdot \frac{d_2}{2}}{W_k} \quad (20)$$

$$\tau_k = \frac{F_2 \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} = \frac{464938 \cdot \operatorname{tg}(2,183 + 13,0039) \cdot \frac{33,402}{2}}{\frac{\pi \cdot 31,093^3}{16}}$$

$$\tau_k = 357,114 \text{ MPa}$$

Při výpočtu redukovaného napětí jsem použil Guestovu hypotézu:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_t^2 + 4 \cdot \tau_k^2} = \sqrt{607,681^2 + 4 \cdot 298,421^2} \quad (21)$$

$$\sigma_{red} = 940,776 \text{ MPa}$$

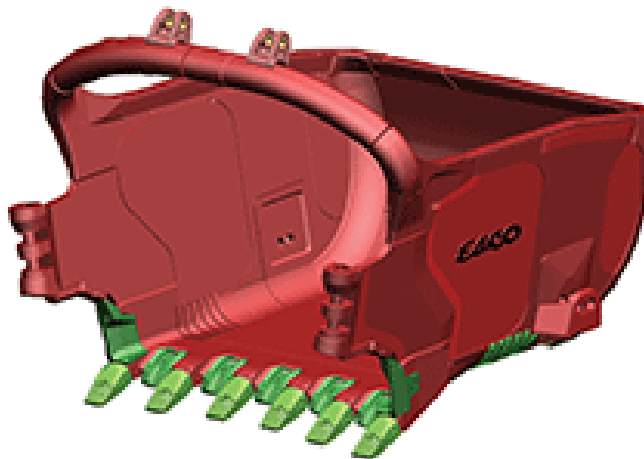
Výsledná statická bezpečnost:

$$k_s = \frac{Re}{\sigma_{red}} = \frac{1080}{940,776} \quad (22)$$

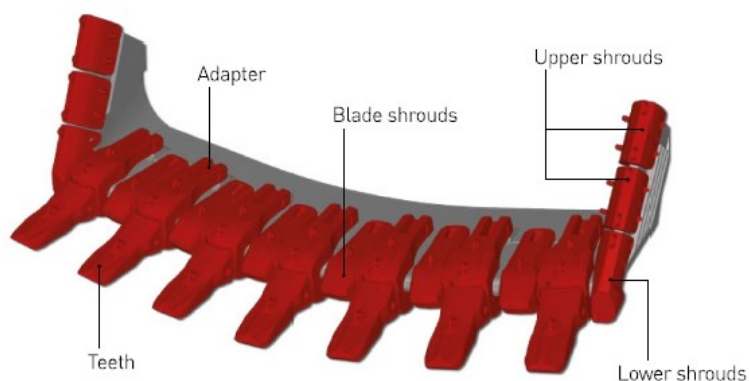
$$k_s = 1,15$$

3.3 Zuby korečku

Zuby korečku jsou jednou z nejdůležitější částí stroje. Tyto zuby jsou vystaveny velkému mechanickému namáhání a abrazivnímu opotřebení. Při vhodném návrhu tvaru a materiálu zubu se dá dosáhnout dobrých výsledků. I přesto se však zuby časem opotřebují, a tím se i zvětšuje řezný odpor. Toto poté vede k častějším výměnám, a to zase vede k častějším prostojům stroje. Žádný zub se nemůže používat do nekonečna. Proto je v dnešní době snaha o zkrácení doby prostoje stroje použitím adaptérů s výměnnými zuby. Volbou vhodného tvaru a uchycení zubu se dá prodloužit životnost zubu. Výměna probíhá přímo na pracovišti, a to přibližně za 10 minut na jeden koreček. Záleží na velikosti, počtu a způsobu uchycení zubů. Touto problematikou se zabývá mnoho firem. V česku se mezi nejpoužívanější zubové systémy řadí firmy ESCO (příklad řešení zubového systému na obr. 41) a MTG. Pro svůj návrh volím zubový systém MTG. Tato firma má v česku zastoupení v Českých Budějovicích, Plzni a Brně. Firma MTG se zabývá všemi způsoby povrchového a hlubinného dobývání. Ale zřejmě největší oblast působení této firmy je v oblasti lopat lopatových rýpadel. Příklad řešení zubového systému na lopatovém velkorýpadle je na obrázku 42.



Obr. 42 Zubový systém ESCO pro dragline [3]



Obr. 43 Zubový systém MTG na lopatovém rýpadle [18]

Pro svůj návrh jsem zvolil zubový systém MTG KingMet (obr. 43). Pro volbu jsem použil katalog firmy. Zvolený zubový systém obsahuje:

- zub EXTRA – MG10E
- adaptér FLUSH – 1MG10FC
- čep Standard PR – 2MG10/15PR
- nástroj pro zaklepnutí čepu a jeho odstranění 3MG5/150 (obr. 44)



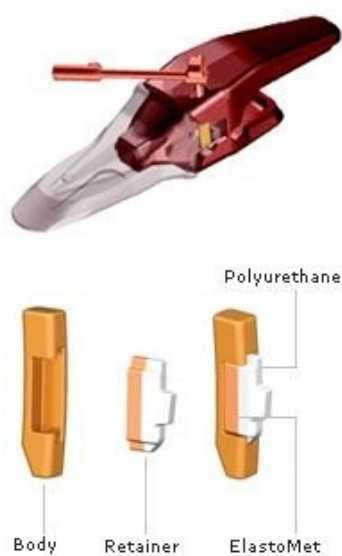
Obr. 44 Zubový systém MTG KingMet [18]

Tento zub se vyznačuje větší styčnou plochou mezi zubem a adaptérem, a tím se dosahuje větší odolnosti proti mechanickému namáhání. Této odolnosti se dosahuje tím, že ústí adaptéru je eliptické a tím se tedy zvětšuje styčná plocha mezi adaptérem a korunkou a tím se zároveň zvyšuje životnost zubu. Tento zub se vyznačuje odolností proti opotřebení a schopností samoostření. Čelní odolnosti se dosahuje pomocí úhlu ramene, který je menší

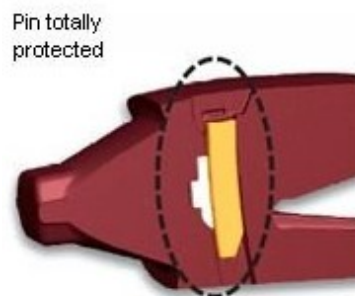
než 90° a to znamená, že v případě čelního pnutí se zámek zubu přitlačí více k zubu. Při bočním namáhání jsou uši zubu chráněny adaptérem proti vylomení. U vertikálního namáhání jsou zub, adaptér i čep méně namáhány díky dvojí stabilizaci roviny kompenzující sílu ve vertikálním směru. Výměna zubu je rychlá a jednoduchá díky vertikálně uloženému čepu, k uchycení zubu, a tím se dosahuje menších prostojů a větší bezpečnosti obsluhujícího. Čep (obr. 46) je dostatečně chráněn před vnějšími vlivy pomocí ochranného pinu (obr. 45). Tělo čepu je vyrobeno z oceli a retainer je vyroben z ElastoMetu, který zajišťuje dostatečnou pružnost a polyuretanu. Zub a adaptér jsou vyrobeny z oceli Aceros MTG Steels, která zaručuje větší výdrž a menší lámavost než ostatní, běžně používané oceli. Obě tyto součásti jsou odlitky. Výrobce zaručuje výdrž zubu minimálně 2 roky, což je pro mé zadání ideální, jelikož servisní interval korečkového naběrače KN 350 je 2 roky.



Obr. 45 Nástroj MG5/150

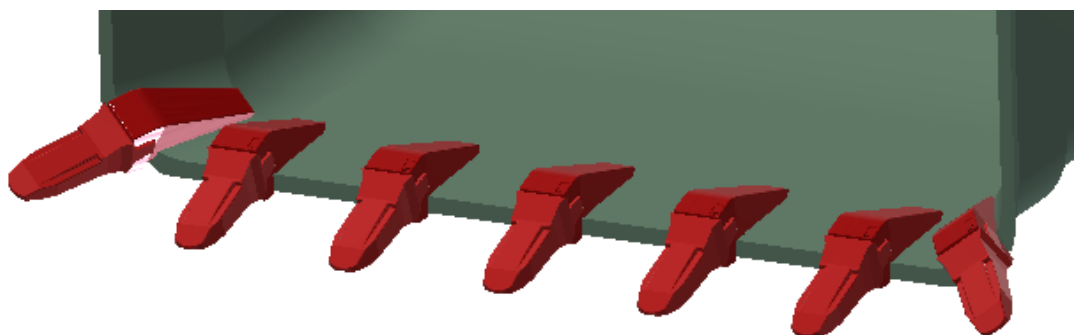


Obr. 46 Čep [18]



Obr. 47 Pin pro ochranu proti vnějším vlivům [18]

Návrh zubového systému společně s korečkem je uveden na obr. 47. Původní počet zubů byl 5, ten se ale příliš neosvědčil (nedostatečné rozrušení materiálu). Přešlo se proto na 7 zubů. Boční zuby jsou vytočeny z důvodu pojezdu stroje. Vytočené zuby budou lépe rozrušovat materiál při bočním pojezdu. Jsou vytočeny o větší úhel, než je řezný úhel proto, aby rozrušovaly také blízké okolí korečku. Tímto se zamezí případnému nárazu větších kusů do boku (těla) korečku. Pro modelování zubového systému jsem musel použít některé vlastní, zvolené, rozměry. Na webových stránkách firmy jsou uvedeny pouze základní rozměry. Pokusil jsem se kontaktovat českou pobočku firmy pro další rozměry, ale bohužel mi nebylo odpovězeno, tudíž jsem musel některé rozměry volit.



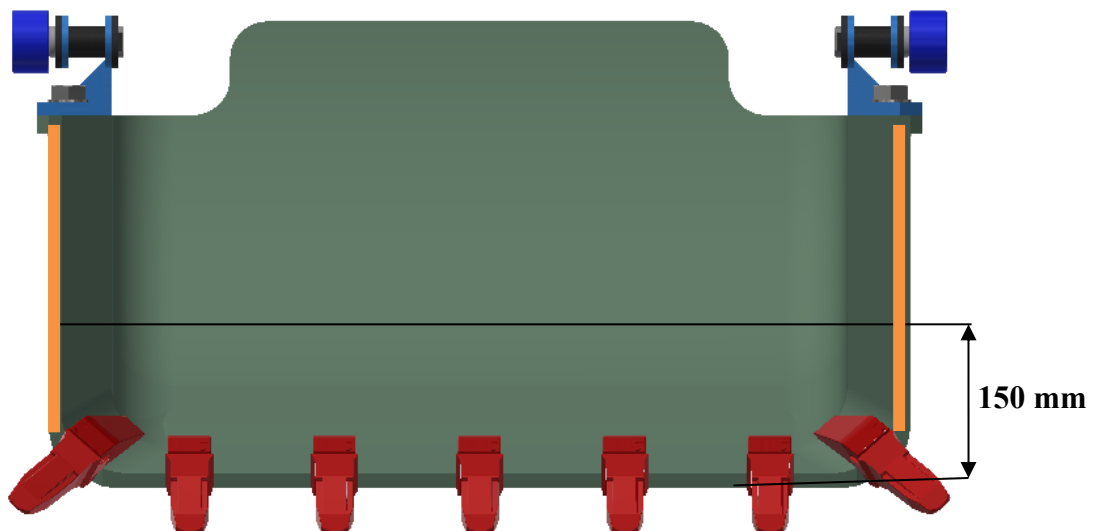
Obr. 48 Návrh zubového systému s korečkem

Prostor mezi zuby bude také namáhám. Výměna lišty by byla velmi nákladná (prostož stroje), proto se používají metody pro zvýšení odolnosti proti opotřebení mezi zuby. Většinou se přidávají mezizubní výměnné adaptéry (obr. 48). Toto řešení se však používá pouze u těžko rozpojitelých materiálů. Pro použití na homogenizační skládce a daný nabíraný materiál bude vhodné použít návary z materiálu odolného proti otěru. Jedná se o jednoduché a v praxi ověřené řešení. Toto řešení spočívá v navaření housenek z daného materiálu na místa, kde dochází ke kontaktu materiálu s korečkem, ale nejsou tam zuby. Tyto návary se však nepoužijí v prostorech mezi zuby, jelikož by to bylo těžko proveditelné. Musely by se nejprve navařit housenky a až poté se by se nasazovaly zuby. Při mém návrhu použiji lištu z ošetrupzdorného materiálu, takže prostor mezi zuby bude dostatečně chráněn. Návary umístím pouze nad zuby (obr. 49). Např. se navaří 5 vrstev/housenek na sebe a když se obrousí až na 2 vrstvu, navaří se další vrstvy.

Dá se například využít dráty vhodné pro návar od firmy Böhler-Welding. Ideální by byl drát UTP A DUR 600, který se běžně používá právě pro tyto účely.



Obr. 49 Mezizubní adaptéry u lopatového rýpadla [18]

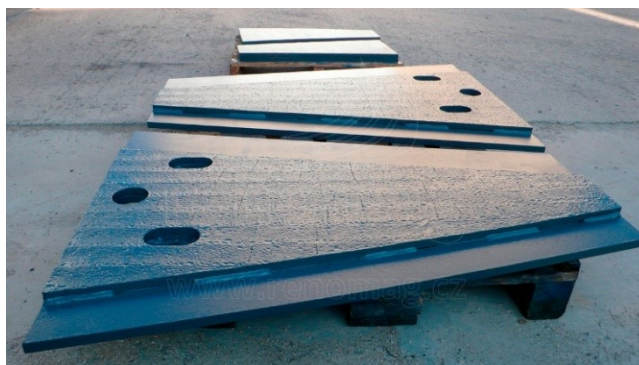


Obr. 50 Výška zatížení korečku a oblasti návarů

3.4 Materiál korečku a jeho opotřebení

Materiál korečku musí splňovat podmínky odolnosti proti abrazivnímu opotřebení. V mém případě se jedná o případ málo intenzivního abrazivního opotřebení. Jedná se o abrazi sypkými materiály nebo málo pevnými částicemi při malých rychlostech pohybu. Obvyklé řešení je použití ocelových plechů nebo profilů bez tepelného zpracování. Prodloužit životnost lze použitím oceli s vyšší pevností (např. plechy z oceli Hardox 450) nebo

použitím materiálu s vyšší odolností proti abrazivnímu opotřebení (např. oceli s vyšším obsahem manganu). Ochrana proti abrazivnímu opotřebení může být provedena dvojím způsobem. První způsob spočívá v navaření nebo přišroubování (obr. 50) plechů z vysoce odolného materiálu na místa s největším abrazivním namáháním. Tento způsob se dá použít tam, kde je rovné i mírné zakřivení povrchu. A druhý způsob využívá navaření otěruvzdorných pinů tvrdosti 60 HRC nebo pinů s vložkou tvrdosti 80 HRC z karbidu wolframu (obr. 51). Toto řešení je vhodné pro místa s menším namáháním rázem a lze jej také využít i pro zakřivené povrchy.



Obr. 51 Plechy k přišroubování [14]



Obr. 52 Ochrana piny [14]

Materiál pro ochranu proti abrazivnímu opotřebení

Pro mé zadání je vhodné použít první způsob uchycení – uchycení přišroubováním. Tento způsob uchycení spočívá v tom, že v plechu jsou vytvarovány prohlubně, do kterých se zapustí šroub pro uchycení a následným abrazivním opotřebením se šroub zarovná. Materiál plechu jsem zvolil Hardox 450 tloušťky 8 mm (tvrdost 570 až 640 HBW, obr. 52). Tento materiál je velmi odolný proti abrazivnímu opotřebení. Je svařitelný, tudíž by se dal použít i v případě spojení navařením. Je dobře tvárný. Tyto plechy se umístí

do míst s největším abrazivním opotřebením, tudíž těsně za zuby korečku. Pro můj případ je tento materiál tedy vhodný. Další variantou ochrany je vyrobení navařené lišty z materiálu Hardox 450. Tato varianta v kombinaci s dobrými zuby, sníží hmotnost korečku. Proto jsem zvolil tuto variantu.

C ^{*)} (max %)	Si ^{*)} (max %)	Mn ^{*)} (max %)	P (max %)	S (max %)	Cr ^{*)} (max %)	Ni ^{*)} (max %)	Mo ^{*)} (max %)	B ^{*)} (max %)
0.26	0.70	1.60	0.025	0.010	1.40	1.50	0.60	0.005

Obr. 53 Chemické složení – Hardox 450 [16]

Materiál korečku

Materiál korečku by měl splňovat podmínku odolnosti proti abrazivnímu opotřebení a zároveň by bylo vhodné, aby byl svařitelný pro následné možné úpravy. Vhodných materiálů je mnoho, ale je taky důležité přihlížet na cenu. Někdy je vhodné zvolit levnější materiál a použít ochranu proti abrazivnímu opotřebení v místech největší námahy (viz. Materiál pro ochranu proti abrazivnímu opotřebení). Používají se také povrchové úpravy korečku pro zvýšení odolnosti proti opotřebení (chemicko-tepelné úpravy, nástřiky atd.). Volím ocel 16 632.4. Je to ocel pro zvýšené opotřebení třením a má zaručenou svařitelnost. Jako další opatření se dá použít nátěr proti abrazivnímu opotřebení od firmy CHESTERTON. Jedná se o antiabrazivní nátěr ARC 897. Je to nátěr s keramickými částicemi plněný kompozitní materiál pro ochranu kovových povrchů vystavených silnému oděru a korozi. Příklad použití tohoto nátěru je uveden na obr. 53 (pneumatická doprava sypkých materiálů). Je to efektivní ochrana, ale v praxi se příliš neosvědčila.



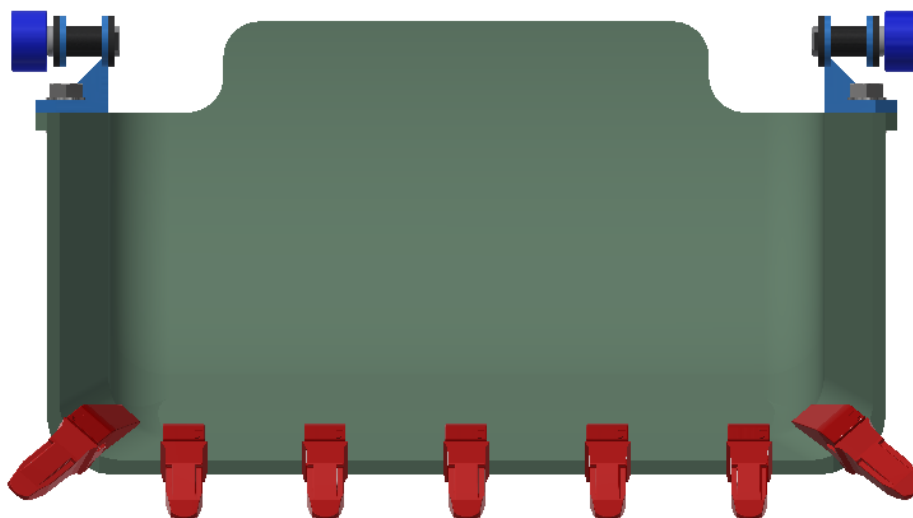
Obr. 54 Ochranný nátěr ARC 897 [15]

3.5 Konečný návrh korečku

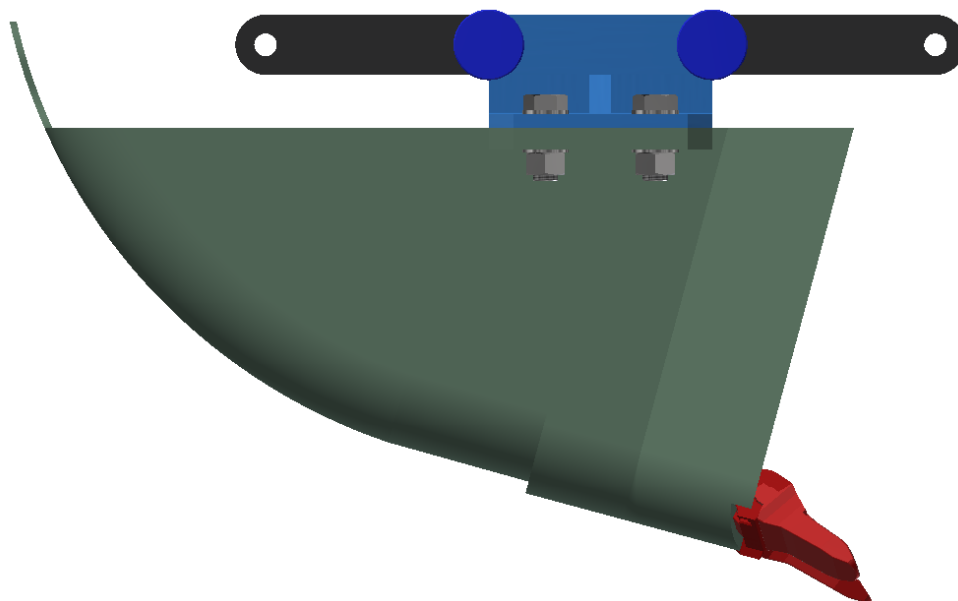
Všechny rozměry korečku a zubového systému jsou uvedeny na výkresech v příloze. Celková hmotnost korečku se zubovým systémem (bez šroubů a řetězu) je 328,703 kg.

Konečný návrh zahrnuje:

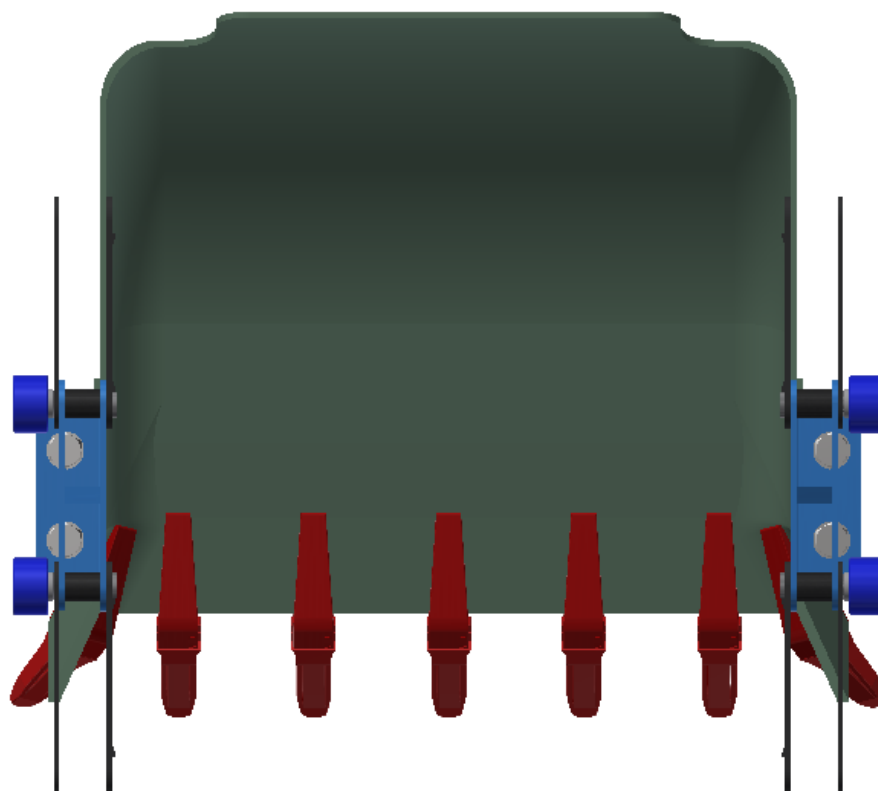
- koreček 350 l
- zub EXTRA – MG10E
- adaptér FLUSH – 1MG10FC
- čep Standard PR – 2MG10/15PR
- řetěz THIELE HDR-O 60
- 4 x šroub – M36 x 4 ČSN EN 24018 – 12.9
- 4 x matice – M36 x 4 ČSN EN 28673 – 12
- 8 x podložka – 36 ČSN 02 1721



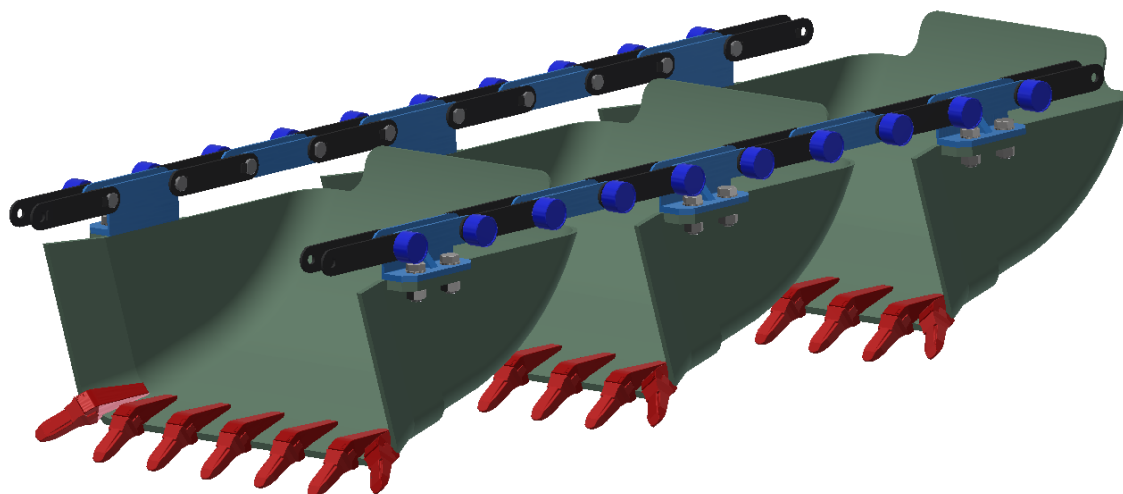
Obr. 55 Konečný návrh – přední pohled



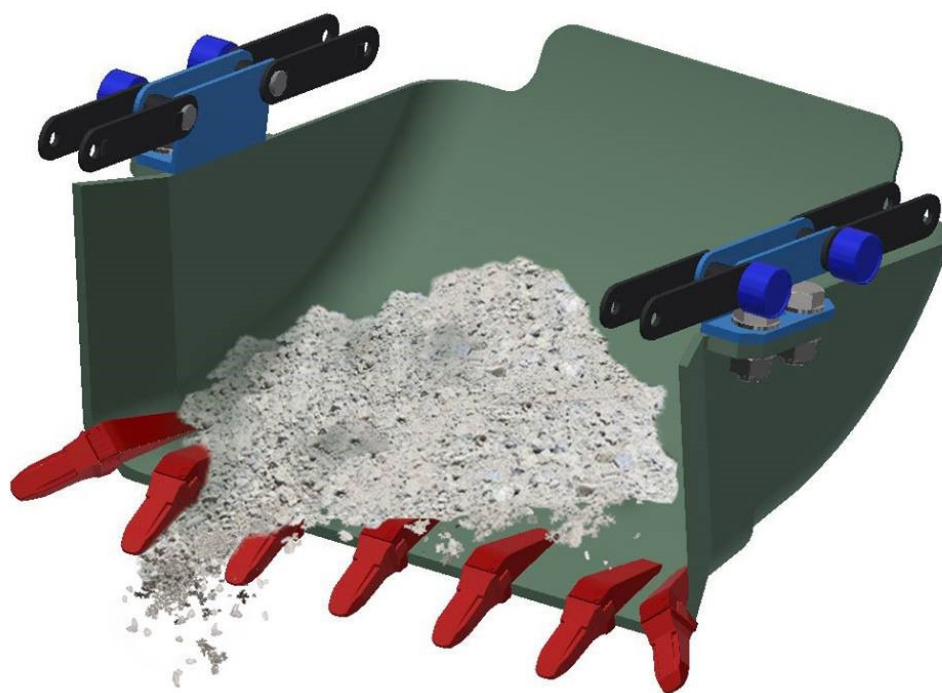
Obr. 56 Konečný návrh – boční pohled



Obr. 57 Konečný návrh – vrchní pohled



Obr. 58 Sestavené korečky



Obr. 59 Koreček s materiálem

4 Závěr

V souladu se zadáním mé práci jsem provedl návrh korečku s vyměnitelnými zuby. Ve výpočtové části jsem se zabýval základními provozně technologickými parametry, výpočtem potřebné velikosti třísky a dimenzováním uchycení korečku ke zvolenému řetězu.

V úvodní části práce jsem stručně shrnul problematiku skládkových strojů. Rozebírám metody zakládání skládek, konstrukci nabíracího ústrojí korečkového naběrače a uvádím základní informace o zadavateli práce, firmě Vítkovice GEARWORKS.

V praktické části práce uvádím základní parametry stroje, jeho provozně technologické parametry, které jsem i spočítal, a analýzu řešeného problému. Na základě provozně technologických výpočtů jsem spočítal minimální potřebný objem korečku, který vyšel $V_{\min} = 0,346 \text{ m}^3$, tudíž zvolený objem korečku, $0,350 \text{ m}^3$, je vyhovující. Dále jsem provedl výpočet třísky tak, aby vyhovoval podmínce naplnění korečku na konci svahu. V neposlední řadě jsem analyzoval a popsal odpory na korečku. Tato problematika je velmi složitá, ale v mém případě jsem tento aspekt nemusel řešit, jelikož největší silou, která na koreček může působit je od pohonu. Je to síla, která působí v ose řetězu a síla působící na koreček bude ještě snížena 16 % kvůli použití řetězu s kladkovým vedením. Tato síla bude působit na koreček výjimečně, tudíž se prováděl pouze statický výpočet šroubu. Dimenzovalo se na maximální možnou sílu a to $F = 181,974 \text{ kN}$. Po předběžném výpočtu průměru šroubu jsem zvolil šroub M36x4xČSN EN 24018–12.9. Celkem jsou použity 4 šrouby M36x4. Tím, že jsem při výpočtu uvažoval nejhorší možnou situaci provozu, zaseknutí korečku, bude výsledná bezpečnost $k_s = 1,15$ dostačující.

V závěrečné části jsem navrhl vyměnitelné zuby pro koreček a navrhl vhodný typ odolného materiálu korečku. Pro použití zubů jsem se rozhodoval mezi firmou ESCO a MTG. Nakonec jsem zvolil firmu MTG, jelikož jejich zuby plně vyhovují mému zadání (nabíraný materiál, servisní interval). K rozpojování materiálu jsem na koreček navrhl sestavu 7 těchto zubů. Tento počet by měl zaručit potřebnou nakládací a rozpojovací schopnost korečku. Materiál korečku jsem navrhl z oceli 16 532.4, která je pro své vlastnosti (zvýšené opotřebení proti tření a zaručené svařitelnosti) vhodná pro tuto aplikaci. Jako opatření proti zvýšenému abrazivnímu opotřebení korečku jsem zvolil navařenou lištu

z materiálu Hardox 450. Toto řešení výrazně odlehčí koreček, jelikož alternativně používané navařené plechy mají velkou hmotnost.

V praxi je běžné posuzovat nově navržené technologie až po zkušebním období, které může trvat několik týdnů i měsíců. Pokud se například neosvědčí navržené zuby (přílišné opotřebení, vylamování atd.), přistoupí se zpět na osvědčené konstrukční řešení (výměna lišty se zuby za lištu s břitem).

V bakalářské práci jsem navrhl koreček s vyměnitelnými zuby, korečkový řetěz a uchycení korečku k řetězu. Vše bylo navrženo, řešeno a ověřeno dle zadaného tématu. Provedl jsem veškeré potřebné výpočty a vytvořil výkresovou dokumentaci, která je přílohou této práce.

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří mi nějakým způsobem pomohli k vytvoření mé práce. Především vedoucímu práce doc. Ing. Jiřímu Friesovi, Ph.D. a Ing. Martinu Janečkovi Ph.D. za vedení, věnovaný čas, odborné konzultace a za poskytnuté informace.

5 Zdroje

- [1] JEŘÁBEK, Karel, František HELEBRANT, Josef JURMAN a Věra VOŠTOVÁ. *Stroje pro zemní práce; Silniční stroje*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 1995. ISBN 80-7078-389-3.
- [2] HELEBRANT, František, Josef HOJDAR a Horst GONDEK. *Povrchové dobývací stroje I*. (Druhá část). Ostrava: Vysoká škola báňská, 1993. ISBN 80-7078-168-8.
- [3] *ESCO* [online]. [cit. 2018-02-12]. Dostupné z <http://www.escocorp.com/EN/Pages/default.aspx>
- [4] *FAM – Forderanlagen Magdeburg* [online]. [cit. 2018-02-12]. Dostupné z: <http://www.fam.de/>
- [5] POLÁK, Jaromír a Aleš SLÍVA. *Dopravní a manipulační zařízení III*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2005. ISBN 80-248-0963-X.
- [6] LIMBERK, Vladimír. *Povrchové dobývání ložisek*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1964.
- [7] *Vitkovice Machinery Group* [online]. [cit. 2018-02-22]. Dostupné z: <http://www.vitkovice.cz/>
- [8] ŠEFL, Zdeněk a Anna ŠEFLOVÁ. *Razicí stroje a komplexy. [D.] 2, Nakládací stroje*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 1995. ISBN 80-7078-264-1.
- [9] GONDEK, Horst a Arnošt ŠEVČÍK. *Těžební a zpracovatelské stroje II*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1273-1.
- [10] *Dalselv design, s. r. o.* [online]. [cit. 2018-03-3]. Dostupné z: <http://www.d-design.cz>
- [11] *Prodeco* [online]. [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: <http://www.prodeco.cz>
- [12] *PORT WARATAH COAL SERVICE* [online]. [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <http://pwcs.com.au/>
- [13] *RioTinto* [online]. [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <http://www.riotinto.com>

- [14] *Renomag* [online]. [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <http://www.renomag.cz>
- [15] CHESTERTON s.r.o. [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://www.chesterton.cz>
- [16] *SSAB* [online]. [cit. 2018-03-19]. Dostupné z: <https://www.ssab.com/>
- [17] HOJDAR, Josef a František HELEBRANT. *Povrchové dobývací stroje: úvodní část*. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1983.
- [18] *MTG* [online]. [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: <https://www.mtg.es/en/index.php>
- [19] *THIELE GmbH & Co. KG* [online]. [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: <http://www.thiele.de/>
- [20] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření. Šesté vydání*. Úvaly: Albra, 2017. ISBN 978-80-7361-111-8.

6 Přílohy

- A PAC0049-1 výkres sestavy korečku se zubovým systémem
- B PAC0049-2 výkres sestavy zubového systému MTG KingMet
- C PAC0049-3 výkres zubu MTG EXTRA – MG10E
- D PAC0049-4 výkres čepu k zajištění zubu Standard PR – 2MG10/15PR
- E PAC0049-5 výkres adaptéru MTG FLUSH – 1MG10FC
- F PAC0049-6 výkres korečku 350 l